Untersuchungen

an

Muskel und Sehne nach der Tenotomie

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doctorwürde

der

medicinischen Fakultät der Universität in Rostock

vorgelegt

von

Constant Schradieck

appr. Arzt aus Hamburg

ACAD. MED. BAT. BIBL.

Rostock

Universitäts-Buchdruckerei von Adler's Erben

1900

Meinem lieben Vater

Digitized by the Internet Archive
in 2026

https://archive.org/details/IA41552717_0053

Die durch Durchschneidung oder Zerreissung einer Sehne bewirkte Trennung eines Muskels von seinem Ansatz und ihre Folgen werden beim Menschen zwar nicht ganz selten beobachtet, eine genauere Kenntniss des an Muskel und Sehne sich abspielenden Vorganges ist aber durch die klinische Untersuchung nicht zu gewinnen. Wir sind auf den Tierversuch angewiesen, der zwar die nach den verschiedensten Seiten hin wechselnden Verhältnisse beim Menschen nicht erschöpfend nachahmen, aber doch vielleicht über einige Grundzüge des Processes uns unterrichten kann.

In der Litteratur sind nur wenige experimentelle Arbeiten über unser Thema zu finden. Ich erwähne zuerst Untersuchungen, die Krauss[1]) an 25 Kaninchen angestellt hat, denen die Achillessehne der einen Extremität einfach quer durchschnitten wurde; die Muskeln wurden dann vom 3. bis 210. Tage untersucht. Nach der Auffassung von Krauss sind die Veränderungen nach der Tenotomie anzusehen „als eine primär von der durchschnittenen Sehne aus sich fortpflanzende subacute und chronische Entzündung des interstitiellen Bindegewebes, welche secundär zur

---

[1]) Krauss, physiologische und chemische Untersuchungen nach Tenotomie und Neurotomie, Virchow's Archiv für pathologische Anatomie, 113. Band, 1888.

Atrophie und local ebenfalls durch Reizung zur Wucherung der Sarkoglia, d. h. des Muskelprotoplasmas mit seinen Kernen im Innern des Sarkolemmaschlauches, führt."

Die Versuche, die den weiteren Erörterungen zu Grunde liegen, unterscheiden sich von den Krauss-schen dadurch, dass an der Achillessehne nicht einfach die Tenotomie, sondern eine allerdings unvollständige „Tenectomie" vorgenommen wurde, um einerseits die Regeneration der Sehne möglichst zu verlangsamen, andrerseits den Einfluss der Entspannung auf den M. triceps surae des Kaninchens in möglichst prägnanter Weise erkennen zu lassen.

In Bezug auf die Methodik bildet vorliegende Versuchsreihe daher die Fortsetzung einer 1893 von Ricker[1]) angestellten. Ricker fand damals gelegentlich seiner vergleichenden Untersuchungen über Muskelatrophie nach verschiedenen Noxen (Immobilisation durch Verband, Tenectomie, Neurectomie des N. ischiadicus) in Bezug auf die Atrophie ungefähr dieselben Werthe, wie Krauss, doch lag es nicht in der Natur der Aufgabe, wie er sie damals in seiner Dissertation begrenzt hatte, das genauere und weitere Verhalten des Muskels im Verlauf längerer Zeiträume systematisch zu beobachten.

Methodik.

Das Material unserer Versuche erstellten 46 Kaninchen, von denen an 36 die Tenotomie der Achillessehne mit Resection eines 1 cm langen Stückes aus der Continuität derselben ausgeführt wurde, und zwar nur an einem Bein, während der anderseitige Muskel zum Vergleich ebenfalls immer untersucht

[1]) Ricker, vergleichende Untersuchungen über Muskelatrophie, Dissertation, Berlin 1893.

ward. Von den übrigen 10 Thieren wurden 6 ebenso operirt, später aber auf die Veränderungen und Heilungsvorgänge der Sehnenwunde untersucht; den letzten 4 wurde zu gleicher Zeit auf der selben Seite, wo die Resection der Achillessehne ausgeführt war, der Nervus ischiadicus beim Austritt aus dem Becken durchschnitten und ebenfalls ein ca. 1 cm langes Stück aus seiner Continuität resecirt. Während der Operation wurden die Thiere mit Aether betäubt. Es wurde bei den Tenotomieen in folgender Weise verfahren (die Beschreibung der Neurotomieen glauben wir unterlassen zu dürfen):

Nachdem das Operationsgebiet geschoren, die Haut mit Alcohol und 2 % Carbolsäure desinficirt war, wurde ein Längsschnitt durch die Haut angelegt, der $^1/_2$ cm oberhalb des Tuber calcis begann und direct auf der Hinterfläche der Sehne $2^1/_2$ cm nach aufwärts verlief. Es wurde dann die Fascienscheide in derselben Richtung und Ausdehnung gespalten. Die nun zu Tage liegende atlasglänzende Achillessehne wurde aus ihrem Fascienblatte isolirt, die Vincula tendinum durchschnitten und die Sehne ca. 1 cm oberhalb des Tuber calcis quer durchschnitten. Darauf erfolgte eine Retraction, gewöhnlich im Betrage von 0,5 cm. Um die Entspannung des Muskels zu vermehren, wurde in den meisten Fällen noch die Fascie nach der Tiefe zu quer eingekerbt, bis die tiefliegende Fascie des M.flexor digitorum profundus zu Gesicht kam (in dieser Tiefe verlaufen auch die grossen Gefässe, die natürlich vermieden wurden). Darauf trat gewöhnlich eine Vermehrung der Retraction des proximalen Sehnenstumpfes um höchstens 0,5 cm ein. Der aus 3 Zipfeln bestehende proximale Sehnenstumpf wurde mit der Pincette gefasst, etwas angezogen und auf 1 cm weit muskelwärts isolirt, dieses Stück dann herausgeschnitten. Retraction und Resection zusammengerechnet betrug also die Entfernung des proximalen und distalen Sehnenstumpfes im Durchschnitt 2 cm, womit eine gute Entspannung erreicht war. Blutungen traten, wenn überhaupt, meist nur in geringem Umfang beim Einkerben der Fascie auf, konnten durch Compression mit sterilen Gazetupfern leicht gestillt werden. Die Haut wurde dann über der Fascien- und Sehnenwunde durch die fortlaufende Naht vereinigt und über die Nahtlinie Jodoform-Collodium gepinselt.

Nach der Operation wurde die Wundheilung beobachtet, auftretende Complicationen bemerkt, functionelle Störungen notirt. Die Tiere wurden zu verschiedenen Zeiten getödtet und zwar von $^1/_2$ Tag bis zu 240 Tagen nach der Operation, bis zu ca. 90 Tagen in kürzeren Etappen, zwischen 100 und 200 Tagen wurden die in diesem Zeitraume wahrnehmbaren Veränderungen nur an 3 Thieren studirt. 15 der Thiere starben an intercurrenten Erkrankungen (meist Pleuropneumonie[1]), die übrigen wurden zu bestimmten Zeiten durch Nackenschlag getödtet. Unmittelbar nach dem Tod (oder, falls derselbe auf Grund einer intercurrenten Erkrankung eingetreten war, möglichst bald nach demselben) wurden die hinteren Extremitäten von der Haut befreit und der Triceps surae herausgenommen, sowohl der operirte wie der normale, beide gewogen, ihr Conturumriss auf Carton mit Blei fixirt, die Muskeln dann auf 24–48 Stunden in 10% Formaldehyd-Lösung gehärtet. Dann wurden die zur Untersuchung bestimmten Stücke herausgeschnitten und zwar stets je ein Quer- und Längsschnitt (in gleicher Höhe) vom operirten und normalen Muskel, ausserdem noch beliebige andere Stücke, die dann in Paraffin eingebettet wurden. Am operirten mit Formol fixirtem Muskel wurden noch zwei Längsschnitte, einer aus dem obern, einer aus dem untern Drittel der Länge des Muskels, entnommen und zur Untersuchung auf Fett nach vorherigem 24stündigen Auswässern in das Altmann'sche Gemisch (4% Kaliumbichromat- und 2% Osmiumsäure-Lösung zu gleichen Theilen) eingelegt, nach 2–3tägigem Verweilen in demselben und abermaligem 24stündigen Auswaschen ebenfalls in Paraffin eingebettet.

Die 6 Thiere, an denen die Wundheilungsverhältnisse und die Bildung des Interpolationsgewebes studirt werden sollten, wurden etwas anders behandelt. Hier wurden die unteren Extremitäten nach dem Tod glatt geschoren, die Haut zum besseren Eindringen des Formols gefenstert und der Oberschenkel im untern Drittel abgesetzt, so dass der Triceps surae unberührt blieb und alle Verhältnisse in situ fixirt wurden. Dann wurden Längs- und Querschnitte durch die neue Sehne gelegt und nach abermaliger Nachhärtung in Formol eingebettet. Diese Tiere wurden immer in einem Zwischenraum von 2 Tagen getötet, das 6. also 12 Tage nach der Tenectomie; auch von den übrigen Tieren wurden vielfach Sehnenschnitte zur mikroskopischen Untersuchung entnommen.

Von mehreren Muskeln wurden auch die einzelnen Portionen (Soleus, Plantaris, Gastrocnemius) verglichen, nach vorheriger

[1]) die in den Ställen des Instituts endemisch herrscht.

sorgfältiger Präparation, wobei vom Soleus und Plantaris nur das Muskelfleisch verwendet wurde, während der übrige Rest (Gastrocnemiuskopfe + Fascienteile + Sehne) für sich gewogen und untersucht wurde.

Die 10 μ dicken Schnitte wurden auf die Objectträger mit Eiweissglycerin und Wasser aufgeklebt, mit Hämalaun vorgefärbt und im van Gieson'schen Gemisch (concentrirte wässerige Pikrinsäure Lösung mit einigen Tropfen concentrirter wässeriger Säurefuchsinlösung) nachgefärbt und differenzirt, so dass die Kernfärbung des Hämalaun noch erhalten blieb, das Muskelpareuchym rosa bis gelblichroth, das Bindegewebe leuchtend roth gefärbt war. Die Präparate wurden in Canada-Balsam, zum grössten Teil in Mastix-Balsam (Xylol-Lösung) eingeschlossen, in dem structurelle Einzelheiten (Querstreifung, Kernstructuren u. s. w.) wegen seines schwächern Lichtbrechungsvermögens deutlicher hervortreten. (Die Präparate halten sich im Mastix-Balsam sehr gut.) Die Fettpräparate blieben ungefärbt, da es ja nur auf die Osmiumsäure-Reaction ankam.

Es ist zweckmässig, einige kurze Notizen über die anatomischen Verhältnisse voraus zu schicken.[1]) Dieselben sind qualitativ denen beim Menschen analog, quantitativ bestehen aber bedeutende Verschiedenheiten.

Der Triceps surae setzt sich aus den beiden Gastrocnemiusköpfen und dem Soleus zusammen. Der Gastrocnemius entspringt, wie beim Menschen, vom Condylus medialis mit dem medialen, vom Condylus lateralis femoris mit dem lateralen Kopfe; der laterale ist stärker entwickelt; beide vereinigen sich fleischig im obern Drittel der Tibia, weiter abwärts schiebt sich zwischen beide ein Fascienblatt ein, das sich gerade nach abwärts in den Tendo Achillis fortsetzt. Der Gastrocnemius ist ein weisser Muskel. Der Soleus, ein rother Muskel, entspringt vom Capitulum fibulae, er inserirt fleichig an der Innenfläche der hintern lateralen Peripherie des oberflächlichen Blattes der Unterschenkelfascie, in das von oben her die Fasern des lateralen Gastrocnemiuskopfes übergehen und das sich nach abwärts zu verjüngt, zugleich eine strangartige Beschaffenheit annimmt und so in die Bildung des Tendo Achillis eingeht. Diese ganze Muskelmasse des Triceps surae bildet nun eine nach vorn concave, nach abwärts zu sich verjüngende Rinne, in der der

---

[1]) nach eigenen anatomischen Präparaten und nach W. Krause, die Anatomie des Kaninchens.

M.plantaris, ebenfalls ein weisser Muskel, gelegen ist. Relativ ist derselbe viel stärker entwickelt, als beim Menschen, für sich allein so stark, wie jeder der M.gastrocnemii; er entspringt vom Condylus lateralis femoris und dem darauf befindlichen Os sesamoideum. Seine Muskelmasse kommt im mittleren Drittel der Tibia medianwärts von dem Gastrocnemius zum Vorschein, geht am Anfang des untern Drittels in die Sehne über, die, anfangs hinter dem Tendo Achillis gelegen, sich spiralig um denselben herumwindend, zuerst an dessen mediale Seite, dann am Ende des untern Drittels auf die Hinterfläche des eigentlichen Tendo Achillis gelangt; am Tuber calcis befindet sich zwischen ihrer vordern Fläche und dem Uebergang der eigentlichen Achillessehne in das Periost ein Schleimbeutel, der eine seichte nach hinten concave Rinne des Tuber calcis auskleidet; in derselben gleitet die Plantarissehne. Sie biegt dann um das Tuber calcis rechtwinklig um und gelangt zur Fusssohle, wo sie sich in 4 Sehnen für die Zehen spaltet, die in der Planta pedis von den Sehnen des Flexor digitorum communis durchbohrt werden. Dieser seinerseits bildet die oberflächliche Schicht der tiefen Beuger, seine Sehne gelangt hinter dem Malleolus medialis zur Planta pedis. Er wird vom tiefen Blatt der Unterschenkelfascie bedeckt, von dem aus sich ein derbes Fascienblatt zum Tendo Achillis hinüberspannt, die es, in 2 Blätter auseinanderfahrend, umfasst, und zwar so, dass Achilles- und Plantarissehne in diesem Fach beweglich liegen, nur durch Vincula tendinum mit ihm verbunden. Die Breite dieses sagittal von der tiefen Fascie zu der die Achillessehne umschliessenden Fascienscheide hinüber gespannten Fascienblattes beträgt am Tuber calcis bei mittelgrossen Tieren 1 cm, nach aufwärts verjüngt es sich. Es ist dasselbe Fascienblatt, das, wie in der Methodik erwähnt, bei den meisten Tieren ergiebig eingekerbt wurde, um eine möglichst vollkommene Entspannung zu erzielen, das aber natürlich nicht vollkommen exstirpirt werden kann, da die Gefässe und Nerven in ihm verlaufen.

Im Folgenden sollen nun die am bearbeiteten Material gemachten Beobachtungen in Form protokollarischer Notizen geordnet, gegeben werden. Jedes Protokoll behandelt ein Versuchsthier, die Reihenfolge der Protokolle wird durch die Zeit, die die Thiere nach Ausführung der Tenectomie gelebt haben, bestimmt.

Protokoll 1.

Der Versuch sollte die Frage entscheiden, ob die zu erwartende Schlängelung der Muskelfasern [1]) schon unmittelbar nach der Entspannung des Muskels durch die Tenotomie, oder erst später sichtbar wird. Es wurde zu diesem Zwecke am 2. VI. 99 die Tenotomie der rechten Achilles-Sehne angeführt, das Tier unmittelbar nach erfolgter Retraction des proximalen Sehnenstumpfes durch Nackenschlag getötet, und beide Unterschenkel in Verbindung mit dem untern Drittel des Oberschenkels abgesetzt, um die Muskeln in ihrer natürlichen Lage zu erhalten.

Schon makroskopisch hatte man auf dem Längsschnitt des in Formol gehärteten Muskels den Eindruck einer groben Schlängelung, mikroskopisch zeigt sich, dass die Fasern des Muskels auf den Längsschnitt bei schwacher Vergrösserung eine ganz grobe Schlängelung erkennen lassen, die Fasern verlaufen in leichten Wellenlinien. Diese grobe Schlängelung hat vielfach zu einer Auflockerung geführt, was auf dem Längsschnitt gut dadurch hervortritt, dass man Spalten und Lücken zwischen den Fasern dort sieht, wo diese sich infolge der Schlängelung von einander abgehoben haben. Weiter fällt auf, dass in dem Muskel mehr lockere Partien, deren Bündeleintheilung auf dem Längsschnitt ohne weiteres deutlich ist, mit stark verdichteten Partieen wechseln; gerade in letzteren ist die eben erwähnte Spaltenbildung zwischen den einzelnen Fasern dadurch entstanden, dass sich die Schlängelungsphasen zweier benachbarter Fasern nicht genau entsprechen, während innerhalb der durch deutliche Interstitien gesonderten Bündel die ganzen Bündel als solche an der groben Schlängelung theilnehmen; solche Partieen sind es, die schon bei makroskopischer Betrachtung den Anblick einer groben Schlängelung im Gefüge des der Länge nach durchschnittenen Muskels ergaben. Ausser dieser groben ist an manchen Stellen an den Fascien und an den Muskelfasern eine feine Wellung vorhanden, wobei Verschiedenheiten in den Schlängelungsphasen des Sarkolemms und der Fibrillen nicht bestehen.

Protokoll 2.

Es sollte ein Tier dazu benutzt werden, den Blutgehalt des Muskels bald nach der Entspannung durch die Tenectomie kennen zu lernen.

---

[1]) cf. Ricker, l. c.

Am 7. VII. 99 wurde die Tenotomie und Resection der Achillessehne ausgeführt. Das Fascienblatt wurde nicht eingekerbt, um jeden Blutverlust zu vermeiden. Nach 9 Stunden wird das Tier getötet.

Sectionsbefund: Die Wände der Fascienscheide sind collabirt, lassen sich aber leicht von einander abheben; in der Fascienscheide ist kein Extravasat, die Sehnenstümpfe liegen noch wie unmittelbar nach der Operation, in einem Abstand von 1 cm. Der operirte Muskel ist leicht verbreitert, man sieht auf der Hinterfläche einen Buckel, der durch je ein zu beiden Seiten verlaufendes Längstal noch besonders markirt wird; vor allem tritt das im Profilumriss hervor.

In der Färbung unterscheiden sich beide Muskeln von aussen betrachtet nicht deutlich. Verschiedene an symmetrischen Stellen der Muskeln zum Vergleich des Blutgehaltes im Innern angelegte Längsschnitte lassen dagegen im tenotomirten Muskel mehrfach längsgetroffene und mit Blut stärker gefüllte Gefässe wahrnehmen, von denen im anderen Muskel nichts zu sehen ist.

In Bezug auf die Consistenz erkennt man keinen Unterschied.

Die Wägung ergiebt für den normalen 9,40, für den tenotomirten 9,75 gr, mithin ein Plus von 3,7 % zu Gunsten des tenotomirten.

Der Sectionsbefund lehrte also in diesem Falle, dass eine Hyperämie eingetreten war, augenscheinlich reflectorischen Ursprungs und in ihrem Auftreten unmittelbar im Anschluss an das Trauma wohl verständlich. Dieselbe hat zu einer geringen Gewichtszunahme geführt.

Mikroskopischer Befund.

Mikroskopisch findet sich ein ziemlich verbreitetes schwaches Oedem, durch das die einzelnen Bündel von einander abgedrängt sind. Die Bündel selbst sind jedoch sehr dicht gefügt. Die Fasern sind gleichfalls ödematös, es besteht im Innern derselben eine Auflockerung der Fibrillen, die dadurch besonders deutlich sichtbar sind; auch Spalten sind zwischen diesen entstanden, indem das Oedem dieselben auseinander drängte. Auch die Fascien zeigen eine zarte lamellöse Auflockerung. Sie verlaufen meist leicht geschlängelt.

An der Muskulatur zeigt sich die Schlängerung ebenfalls. Sie hat hier vorwiegend den Typus der feinen Schlängelung und betrifft hauptsächlich den Faserinhalt, weniger die Gesammtconturen der Fasern; das Sarkolemm ist zwar den Stellen

stärkerer Verdichtung und Verbreiterung der Fasern entsprechend vielfach ausgebuchtet, macht aber die Schlängelung der Fibrillen, die eine ziemlich feine genannt werden muss, nur sehr unvollständig mit.

Die Fibrillen verlaufen im Innern des Sarkolemmaschlauches in den verschiedensten Richtungen, je nachdem sie im Verlauf ihrer Schlängelung durch die Schnittebene getroffen sind, zuweilen sind sie direct quer getroffen, ja oft sind sie ganz aus der Schnittebene verschwunden; an solchen Stellen sieht man dann zarte Querlücken. Die Muskelfaserkerne stehen mit ihrem grössten Durchmesser meist in der Längsaxe der Faser, nur selten sind sie quer und schräg zu ihr gestellt.

Protokoll 3.

Junges Tier, links operirt am 9. VI. 99. Retraction ca. 0,5 cm.

10. VI. Nach 24 Stunden gestorben. Todesursache nicht nachzuweisen.

Sectionsbefund: Der Bauch des tenotomirten Muskels ist im Längsdurchmesser verkürzt, in den Quermessern verbreitert, vor allem im sagittalen Durchmesser, was auf dem Querschnittumriss hervortritt. Der proximale Sehnenstumpf liegt noch an derselben Stelle, an die er durch die bei der Tenectomie stattgehabte Retraction gelangt ist und ist mit dem distalen durch einen zarten Fascienstreifen verbunden.

Mikroskopischer Befund.

Auffallend ist, dass die einzelnen Bündel etwas mehr abgerundet sind; im intakten Muskel sind sie meist in einer Richtung comprimirt, woher eine spindelige oder langgestreckt polygonale Form ihres Querschnitts resultirt, im tenotomirten findet man diese Form nicht so ausgesprochen meist polygonale Querschnitte, auch dreieckige oder rhombische mit stark abgerundeten Ecken.

Auch im Querschnitt der Fasern zeigt sich ein Unterschied. Im intacten Muskel sieht man meist scharf begrenzte polygonale Querschnitte mit scharfen Ecken, im tenotomirten sind sie durchweg abgerundet; in jenem liegen die Faserquerschnitte nicht einander unmittelbar an, sondern sind durch feinste Zwischensäume, die aber sehr gleichmässig

sind, von einander getrennt, in diesem sieht man die abgerundeten Querschnitte der Fasern einander dicht anliegen. Die Faserquerschnitte sind zugleich etwas grösser als die normalen, sie sind etwas blasser gefärbt und manche sind leicht vacuolisirt.

Diese Abrundung der Bündel und Fasern ist besonders deutlich dort, wo zugleich noch eine geringe Infiltration des aufgelockerten inter- und intrafasciculären Bindegewebes mit Rundzellen besteht, hier ist auch die Vacuolisirung der Fasern am meisten verbreitet, und sind die im interfasciculären Bindegewebe verlaufenden grösseren Gefässe, zum Teil auch die Capillaren meist gefüllt. Es betrifft aber die leichte zellige Infiltration immer nur einige Bündel, die hier im Querschnitt (der durch die ganze Dicke des tenotomirten Muskels geführt ist) im peripheren Gastrocnemiusmantel gelegen sind. Dagegen ist die erwähnte Abrundung in grösserer Ausdehnung vorhanden, auch an Orten, wo ein Oedem nicht deutlich, Rundzelleninfiltration im aufgelockerten Gewebe aber garnicht zu sehen ist; die Entspannung ist also jedenfalls die nächste Ursache dieser Configurationsänderung der Bündel- und Faserquerschnitte.

Andererseits sieht man in dem erwähnten Querschnitte des tenotomirten Muskels auch Stellen, die der Form nach ganz wie der normale aussehen, hier ist also die Entspannung noch gar nicht wirksam gewesen. In diesen Partien sieht man denn auch wenig von einer Schlängelung der Muskelfasern, höchstens eine ganz grobe.

An andern Stellen besteht eine feine Schlängelung der Fasern. Die dadurch zugleich verbreiterten Fasern sind mit einer den Wellen entsprechenden queren Zeichnung, dunklen und hellen Bändern versehen, wobei die Querstreifung mit Immersion immer, die fibrilläre Structur aber zuweilen nur sehr schwer zu sehen ist. Das Sarkolemm zeigt oft kleine Ausbuchtungen, die der erwähnten queren Zeichnung entsprechen und der Ausdruck der feinsten Schlängelung besonders der Randfibrillen sind. Die Kerne sind oft quer zur Faserlängsaxe gestellt, was durch die Schlängelung der Fibrillen bedingt ist.

Im grossen ganzen entsprechen sich die Phasen der Schlängelung des Sarkolemms einerseits, der Fibrillen andererseits; nur zuweilen sieht man Fasern, deren Sarkolemmschlauch ziemlich gut gestreckt verläuft, während im Innern die Fibrillen im wirren Durcheinander feinster Schlängelung liegen.

Protokoll 4.

Am 12. VII. 99 wurde rechts die Tenotomie und Resection der Achillessehne ausgeführt, 3 Tage nach der Operation am 15. VII. das Thier durch Nackenschlag getödtet.

Sectionsbefund: Beide Muskeln sind von ziemlich gleichem Blutgehalt. Durch Dehnung der zwischen den Sehnenstumpfen stehen gebliebenen zarten Bindegewebsbrücke, die aus Resten der Fascienumscheidung besteht, ist das tenotomirte Muskelsehnenpräparat ca. 2 cm länger, als das andere.

Die Muskulatur des rechten Triceps surae ist gedrungener, während der linke einen schlanken allmählich sich in die Sehne verjüngenden Muskelbauch besitzt. Es zeigt sich am proximalen Sehnenstumpf, dass sich die oberflächliche Plantarissehne weiter retrahirt hat, als der dem Gastrocnemius und Soleus angehörende Rest, demgemäss wölbt die Plautarisportion des Muskels auf der Hinterfläche des Muskels den sie umschliessenden Gastrocnemiusmantel in Form eines Buckels vor. Durch das steilere Abfallen desselben medial- und lateralwärts entsteht auf seinen beiden Seiten eine Art Tal, das sich in der Längsrichtung des Muskels erstreckt. Demzufolge ist der sagittale Durchmesser des Querschnittes etwas vergrössert, der transversale etwas kleiner, als der vom symmetrischen Durchmesser des intacten Muskels. Als neue Sehne sieht man die Reste der Fascienscheide und der fascialen Teile, die bei der Resection der Sehne stehen geblieben sind; dieselben sind durch den retrahirten Muskel zu einem 4 cm langen Bindegewebsstreifen ausgezogen; er ist um 1 cm länger als die Sehne des linken Beins („absolute Verlängerung").

Die Wägung ergiebt für den tenotomirten Muskel 6,55, für den andern 6,67 gr, der tenotomirte hat also 1,8 % am Gewicht eingebüsst.

Mikroskopischer Befund.

Man sieht eine allgemeine feine Schlängelung aller Muskelfasern. Die fibrilläre Zeichnung im Innern der Faser ist deutlich, die Fibrillen sind alle gleichmässig mitgewellt, im Innern des Sarkolemmaschlauches besteht keine weitere Alteration ihrer Lage. Die Schlängelung ist nicht an allen Fasern ganz gleichmässig, einige verlaufen partienweise etwas gestreckter, andere diesen Partien anliegende wieder stärker geschlängelt, wodurch sie sich von den gestreckten etwas

abheben, so kleine Spalten und Lücken zwischen den Fasern im Innern der Bündel aussparend. Eine sonstige intrafasciculäre Auflockerung ist jedoch durchaus nicht vorhanden.

Man findet auch im Präparate vom intacten Muskel etwas Schlängelung, sogar feine, meistens aber verlaufen die Fasern daselbst gestreckt, während im tenotomirten Muskel kaum eine Faser frei von Schlängelung ist. Die Fasern sind an Kaliber allenthalben ungefähr gleich, ungleichmässige Verbreiterungen im Verlauf einer und derselbe Faser bestehen nirgends.

Die in der gewöhnlichen Zahl vorhandenen Kerne sind der Schlängelung der Fasern entsprechend oft quer und schräg zur Längsaxse der Faserrichtung gestellt.

Das Bindegewebe ist nirgends vermehrt oder verändert.

Protokoll 5.

Aelteres Kaninchen, rechts operirt am 9. VI. 99. Retraction nach der Tenotomie 0,5 cm, nach Einkerbung der fascialen Teile weitere 5 mm, Resection von 1 cm aus der Sehne.

11. VI. Wunde gut geheilt. Es besteht Dorsalflexion des operirten Fusses, Krallenstellung der Zehen, die passive Beweglichkeit ist deutlich erleichtert, der operirte Muskel ist etwas weicher und dicker. 16. VI. Tod 7 Tage nach der Operation an eitriger Pleuritis und Pericarditis.

Sectionsbefund. Am operirten Muskel tritt die Atrophie äusserlich als Volumabnahme kaum hervor. Der Blutgehalt ist bei beiden Muskeln annähernd gleich. Die absolute Verlängerung der Sehne des tenotomirten Muskels beträgt gut 1 cm. Auf seiner Hinterfläche ist ein Buckel, zu dessen beiden Seiten je ein Tal in der Längsrichtung des Muskels liegt.

Die Wägung ergab für den normalen Muskel 13,75, für den tenotomirten 11,90 gr, also einen Gewichtsverlust von 13,5 %.

Mikroskopischer Befund.

Im Querschnittsbilde des operirten Muskels zeigt sich an einigen Stellen leichtes Oedem, kenntlich durch eine zarte Auflockerung im Innern der Bündel; die einzelne Fasern sind ziemlich gleichmässig durch dasselbe von einander abgedrängt, das Capillarnetz zwischen denselben stellenweise förmlich ausgespannt. An einzelnen Stellen hat das Oedem zur Vacuolisirung von Muskelfasern geführt, die aber nur geringe Grade erreicht. Auch spärliche Rundzelleninfiltration des aufgelockerten Bindegewebes neben der Vacuolisirung der

Muskelfasern sieht man an ganz vereinzelten Bündeln; der überwiegend grösste Teil ist frei davon.

Die Schlängelung der längsgetroffenen Muskelfasern ist sehr verbreitet, während im intacten Muskel der weitaus grösste Theil der Fasern ganz gestreckt verläuft. Sie zeigt den Typus der feinen Schlängelung, der durch feine Wellung der Conturen der Fasern charakterisirt ist und ist stellenweise so intensiv, dass quere Zeichnung nicht nur, sondern auch Unterbrechungen der Faserlängsschnitte durch quere Lücken oft deutlich sind; die Kerne sind dabei quer und schräg gestellt. Viele Fasern sind zugleich etwas verbreitert, so dass die Kaliber der Fasern viel bedeutendere Unterschiede, als in den Präparaten vom normalen Muskel zeigen.

Protokoll 6.

6. VI. 99. Tenotomie der rechten Achillessehne. Retraction 0,5 cm, durch Einkerbung der fascialen Teile nicht vermehrt. Resection eines Stückes von 1 cm Länge aus der Sehne.

11. VI. Unteres Drittel des Unterschenkel geschwollen, die Haut etwas gerötet. Muskel nicht schmerzhaft. Der operirte Fuss steht in Dorsalflexion mittleren Grades, die Zehen in einer leichten Plantarflexion, die passive Beweglichkeit ist bedeutend leichter, als auf der intacten Seite; der Fuss pendelt nach Stoss.

19. VII. Gestorben, 7 Tage nach der Operation. Todesursache nicht nachgewiesen.

Sectionsbefund. Rechte Achillessehne stark verdickt, ödematös gequollen, stellenweise eitrig belegt. Verdickung schätzungsweise das 2—3fache der intacten Muskelsehne. Punkt- und streifenförmige Hämorrhagieen in der Sehne und im unteren Teil der verdickten, milchig getrübten Muskelfascie.

Von aussen besehen liegt die Sehnen-Muskelgrenze am operirten Muskel 2 cm höher, als beim normalen, der Muskelbauch ist also durch secundäre Retraction bedeutend verkürzt. Die Färbung ist bei beiden Muskeln ziemlich gleich. An der Innenseite des tenotomirten Muskels ist die Fascie verdickt, zugleich fällt hier im Oberflächenrelief des Muskelbauches ein mit der Längsachse des Muskels parallel verlaufendes Thal auf, durch das die erwähnte verdickte Fascie hinzieht. Dieselbe Beobachtung ist schon früher gemacht und wurde auf ergiebigere Retraction des Plantaris bezogen.

Die Wägung ergiebt für den normalen Muskel 7,9, für den tenotomirten 7,2 gr, also einen Gewichtverlust von 8,86 %.

Mikroskopischer Befund.

Im tenotomirten Muskel sind die Bündelquerschnitte meist abgerundete Polygone, während sie im intacten lang gestreckt sind; sie sind einander genähert, die Bündelzwischenräume ungleichmässig, stellenweise sehr eng, stellenweise etwas weiter; im Innern der Bündel sind die Faserquerschnitte auch meist sehr dicht aneinandergedrängt, sie sind rundlich und grösser als die normalen. Es ist also eine Verdichtung des Muskels durch Zusammenrücken der Bündel sowohl, als auch der verbreiterten Fasern im Innern der Bündel vorhanden, ein Befund, der sich in vermehrter Consistenz des Querschnittes des tenotomirten Muskels auch schon makroskopisch zeigte.

In einem andern Querschnittspräparat, das einem mehr sehnenwärts belegenen Abschnitt des Muskels entnommen wurde, ist dies nicht so deutlich; demzufolge bestehen hier mehr unregelmässige Lücken im Innern der Bündel. Stellenweise zeigt sich hier auch eine geringe intra- und extrafasciculäre Auflockerung, die auf ein Oedem zurückzuführen ist, dessen Gegenwart durch Vacuolen in einzelnen Fasern auch bestätigt wird. Die Bindegewebsfasern sind im Bereich des Oedems überall verdickt, ihre Kerne sind nicht vermehrt, es besteht also eine Induration des Bindegewebes.

Eine ganz spärliche Infiltration des interfasciculären Bindegewebes mit Rundzellen findet man an einzelnen circumscripten Stellen bei gleichzeitigem Oedem.

Im intakten Muskel verlaufen die längsgetroffenen Fasern meist ganz gestreckt, stellenweise sieht man sie doch auch hier geschlängelt verlaufen, und zwar die ganzen Fasern in feinen Wellenlinien; das Sarkolemma hat die gleichen Phasen der Schlängelung wie die Fibrillen. Im tenotomirten Muskel ist diese Art der Schlängelung, nur sehr viel feiner und ausgedehnter, auch vertreten, zumeist aber verlaufen die Fasern an sich gestreckt, und nur im Innern des Sarkolemmaschlauches bemerkt man bei schwächerer Vergrösserung, dass feine Querlinien über die Breite der Fasern hinziehen. Bei starker sieht man feinste Schlängelung des fibrillären Inhaltes, der oft auch Ausbuchtungen der Faserkonturen entsprechen, doch keineswegs regelmässig. Lückenbildung und quere Unterbrechungen im Verlauf der stark geschlängelten Fasern sieht man sehr häufig. Meist sind die geschlängelten Fasern des tenotomirten Muskels, mit denen des intakten verglichen, um die Hälfte verbreitert.

Die Kerne stehen oft quer und schräg zur Längsachse. In den Gegenden, wo die Induration besonders stark und das Bindegewebe mit Rundzellen spärlich infiltrirt ist, sind auch die Kerne der Muskelfasern so zahlreich, dass von einer Vermehrung gesprochen werden muss. Sie sind klein und rund, oder eingeschnürt und dann grösser.

Fett wurde in den Fasern nirgends nachgewiesen.

Protokoll 7.

Mittelgrosses Kaninchen operirt am 2. VI. 99. Linke Achillessehne durchschnitten, worauf 1 cm Retraction; nach Einkerbung der fascialen Teile verstärkt sich diese Retraction noch um einige mm. 1 cm wird aus der Sehne resecirt.

10. VI. Operirtes Bein in mittlerer Dorsalflexion. Der operirte Fuss ist passiv viel leichter, nahezu pendelnd, zu bewegen als der intakte, die Zehen sind plantarflectirt (Krallenstellung).

Tod durch Nackenschlag, 8 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Operirter Muskel deutlich blasser als der intacte. Die Plantarismuskulatur ist stärker verdichtet und wölbt den bedeckenden Gastrocnemius empor, wodurch lateral- und medialwärts von diesem Wulst je eine seichte Längsfurche entstanden ist. Die Atrophie ist als Volumsverminderung deutlich, der Muskel ist verschmächtigt, vor allem in der oberen Hälfte, die untere verjüngt sich allmählich in die Zwischensehne, die doppelt so dick als die normale ist. Entsprechend der stattgefundenen Retraction liegt am operirten Muskel der Uebergang der Muskulatur in die Sehne um 1 cm höher als beim normalen, was auf dem Längsschnitt deutlch hervortritt. Die Fascien haben von aussen und auf dem Längsschnitt betrachtet ihr normales Aussehen; Verdickung und milchige Trübung fehlen völlig.

Die Wägung ergiebt für den rechten Muskel 9,05, für den linken 7,65 gr, mithin hat letzterer 15,47 von seinem Gewicht verloren.

Mikroskopischer Befund.

Bei der Durchsicht mehrerer Querschnittspräparate ergiebt sich gegenüber dem intakten Muskel, der eine sehr regelmässige Anordnung sowohl der Bündel unter sich als der Fasern im Innern im ganzen Querschnitt zeigt, eine auffallende Unregelmässigkeit in den Präparaten vom tenotomirten Muskel. In einzelnen Partieen sieht man starke Verdichtung, sodass die Bündelinterstitien hier auf ein Minimum reducirt sind. In

anderen Partieen sind die Bündel durch weite und unregelmässige Zwischenräume getrennt. Hier ist ein Oedem vorhanden, das zu einer Induration der Bindegewebsfasern und stellenweise zu einer ziemlich ausgedehnten Vacuolisirung der Muskelfasern geführt hat; sie weisen hier eine förmlich wabenförmige Structur auf. Die längsgetroffenen Fasern, an denen dies besonders auffällt, sind ausserdem in zahlreiche feine Querfalten gelegt und dadurch stellenweise stark verbreitert. An einer Stelle findet sich auch leichte zellige Infiltration des etwas aufgelockerten und leicht vermehrten Bindegewebes und an den Fasern alle Grade der Atrophie bis zu den exstremsten Verdünnungen hinauf.

Es ist jedoch durchaus zu betonen, dass diese geringe zellige Infiltration streng circumscript und geringen Umfangs ist und im übrigen nur die Unregelmässigkeit in der Form und Verteilung der Bündelquerschnitte, sowie Verbreiterung und ausgedehnte feine Schlängelung der Muskelfasern das mikroskopische Bild beherrschen. Das Oedem dagegen ist ziemlich verbreitet und hat fast überall zu einer leichten Verbreiterung und Verdickung des inter- und intrafasciculären Bindegewebes geführt.

Ausser der schon beschriebenen Form der Schlängelung sieht man oft zarte Querlücken, helle und dunkle alternirende Querstreifen als Ausdruck querer Faltung der Fasern und feiner Schlängelung der Fibrillen. Die Querstreifung sieht man an allen Fasern ganz gut, nur hat sie entsprechend der mannigfachen Biegungen und Windungen der Fibrillen oft eine zur ganzen Faserrichtung sehr abnorme Lage, man sieht sie zuweilen nahezu in der Längsachse der Faser hinziehen. Es finden sich auch verdünnte Fasern mit gestrecktem Verlauf ihrer Fibrillen, dieselben sind meist dunkler nach van Gieson gefärbt, stehen aber an Menge hinter den andern weit zurück.

Die Kerne sind den vielfachen Biegungen und Faltungen der Faser gemäss oft quer gestellt und oft einander genähert. Sie sind ferner meist bläschenförmig und vergrössert, sodass ihre scheinbare Zunahme an Zahl auf diese beiden Momente zurückgeführt werden muss, umsomehr, als man die Stadien der direkten Teilung und die daraus resultirenden Häufchen von Kernfragmenten vermisst.

Protokoll 8.

Links operirt am 6. VI. 99. Retraction 5 mm, nach Einkerbung der Fascien nicht merklich verstärkt. 1 cm wird aus der Sehne resecirt.

11. VI. Das Tier hält den operirten Fuss in Dorsalflexion mittleren Grades. Die Zehen stehen in Plantarflexion (Krallenstellung). Die passive Beweglichkeit ist erleichtert, fast bis zu der Möglichkeit, den Fuss auf Stoss in pendelnde Schwingungen zu versetzen. Eine Atrophie des operirten Muskels ist deutlich palpabel.

15. VI. Das Tier wird tot gefunden, 9 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Die Sehnenstümpfe sowohl als das Zwischengewebe sind stark ödematös. Die oft beobachtete Veränderung des Reliefs der Hinterfläche des Muskels zeigt sich auch hier im Querschnitt durch eine geringe Vergrösserung des sagittalen Durchmessers, am ganzen Präparat als Buckel mit zwei seitlichen Längstälern. Der Muskel ist verbreitert.

Mikroskopischer Befund.

Auffallend ist im Querschnittspräparat eine leichte Auflockerung und Induration des inter- und intra-fasciculären Bindegewebes; dasselbe ist mit spärlichen Rundzellen durchsetzt, vor allen finden sich Rundzelleninfiltrate in der Nähe der Gefässe. Die Faserquerschnitte sind nicht so regelmässig polygonal wie im normalen Muskel, mehr abgerundet, meist leicht vergrössert.

Im normalen Muskel bestehen zwischen den einzelnen Faserquerschnitten zarte Spalten von grosser Regelmässigkeit ihrer Verteilung, im tenotomirten sind sie unregelmässig, einige Fasern sind durch Spalten getrennt, die weitaus grösste Mehrzahl dicht zusammengedrängt. Man überzeugt sich also von einer Consolidation der Muskulatur im Innern der Bündel; diese Consolidation der Muskulatur im Querschnitt bezieht sich aber auch auf die Bündel unter einander; diese sind zum grossen Teil unter starker Verschmälerung und oft völligem Schwinden der Interstitien dicht zusammengedrängt, sodass die Deutlichkeit der Bündeleinteilung nur da gewahrt ist, wo Züge des stellenweise leicht indurirten und dadurch verbreiterten interfasciculären Bindegewebes die Fascikel mehr oder weniger vollkommen begrenzen.

An einer Stelle eines Querschnitts ist fast jede Faser von einem Rahmen aufgelockerten und mit Rundzellen infiltrirten intrafasciculären Bindegewebes umgeben; die so veränderten Fascikel liegen einer geschlängelten, gleichfalls aufgelockerten und mit Rundzellen infiltrirten Fascie an; unmittelbar daneben aber sieht man schon wieder Bündel ohne diese Veränderungen,

an denen nur die oben erwähnte Consolidation mehr oder weniger stark ausgesprochen ist.

Stellenweise, vor allem dort, wo reichlich Rundzellen vorhanden sind, sind die Fasern vacuolisirt.

Die Schlängelung der Muskelfasern zeigt grosse Verschiedenheiten. Man sieht Fasern, die, im ganzen gleichmässig verbreitert, gestreckt verlaufen und solche, die bei eben derselben Beschaffenheit ihres Kalibers grob geschlängelt sind, ferner Fasern, die bei schwacher Vergrösserung unregelmässige quere Zeichnung in Form dunkler und heller mit einander alternirender Bänder zeigen; stellenweise ist diese Zeichnung dichter, die Faser daselbst dann stärker verbreitert, als wäre sie in ihrer Längsrichtung zusammengeschoben. Der queren Zeichnung entspricht eine feine quere Faltung der Fasern. Oft sind nur die Gipfel dieser Falten im Schritt getroffen, wodurch eine Segmentirung vorgetäuscht wird. An den Fasern, deren fibrilläre Zeichnung deutlich ist, sieht man die dunklen und hellen Bänder auch, zugleich aber den äusserst fein geschlängelten Verlauf der Fibrillen, der der oben erwähnten zarten Querfaltung der Fasern entspricht. Oft sind die Kerne quer zur Faserlängsaxe gestellt.

Die Fascien verlaufen deutlich grob geschlängelt.

Protokoll 9.

Links operirt am 6. VI. 99. Retraction 4 mm, nach Einkerbung der umliegenden Fascien noch 1 mm mehr.

Eine Besichtigung des Tieres am 11. VI. ergab eine leichte Verdickung nur am untern Sehnenende durch Oedem; der operirte Fuss wurde von dem Tier, wenn man es vom Boden aufhob, in Dorsalflexion mittleren Grades gehalten, zugleich zeigten die Zehen die eigentümliche Krallenstellung; die passive Beweglichkeit des operirten Fusses war wesentlich erleichtert. Der Muskel fühlte sich deutlich verdünnt an.

Am 15. VI. wurde das Tier tot gefunden, 9 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Die Retraction des tenotomirten Muskels ist dadurch deutlich, dass der Uebergang der Muskelsubstanz in die Sehne ca. $1^1/_2$ cm höher liegt, als am normalen Muskel; die gequollenen Sehnenstümpfe sind durch eine derbe Zwischensehne verbunden, die an Dicke beinahe das doppelte der Sehne des normalen Muskels erreicht; sie ist ödematös und mit streifenförmigen Blutungen durchsetzt. Ausser der durch die Retraction des Muskels bedingten relativen Verlängerung dieser neuen

Sehne besteht eine „absolute Verlängerung“ des Muskelsehnenpräparates von etwa $^1/_2$ cm. Von aussen fehlt ein sehniger Glanz völlig, die Sehnenstümpfe zeigen denselben auf dem Längsschnitt noch, aussen umhüllt sie das trübe bläulichweisse Zwischensehnengewebe. Die Consistenz des operirten Muskels ist bedeutend fester, wie die des normalen. Der Muskel ist um etwa $^3/_4$ so breit, als der normale, aber die Hinterfläche ist leicht buckelartig vorgewölbt, sodass der sagittale Durchmesser des Querschnittes um etwa $^1/_3$ grösser ist als beim symmetrischen Querschnitt des normalen Muskels. Der tenotomirte Muskel ist viel blasser als der andere.

Die Wägung ergiebt für den ganzen Muskel 9,02 (normaler Muskel): 7,60 gr (operirter Muskel), also einen Gewichtsverlust des tenotomirten von 15,74 %.

Mikroskopischer Befund.

Von der Atrophie ist mikroskopisch im Querschnittsbilde nichts zu sehen, im Gegenteil sind die Querschnitte der Fasern in vielen Bündeln sogar verbreitert, — eine Folge der Schlängelung. Tatsächlich sieht man auch an rein quergetroffenen Fasern des tenotomirten Muskels mit Immersion sich verschieden kreuzende Fibrillenschrägschnitte, während die reinen Querschnitte im normalen Muskel nur eine zarte Punktirung (die Fibrillenquerschnitte) und die Cohnheim'schen Felder erkennen lassen; von letzterer vollends sieht man an den Querschnitten der tenotomirten Muskelfasern garnichts.

Die meisten Fascien sind fein geschlängelt, ebenso sind auch die Muskelfasern, die im normalen Muskel dieses Tieres ganz gestreckt verlaufen, geschlängelt. Der Typus der feinen Schlängelung herrscht durchaus vor. Man sieht bei schwacher Vergrösserung die Fasern in ihren Conturen im ganzen gerade von Fascie zu Fascie hinziehen, bemerkt aber an der überwiegenden Mehrzahl derselben deutlich eine quere Zeichnung, die eben ein Zeichen der feinen Schlängelung der Fibrillen bei dieser Vergrösserung ist. An vielen Fasern sind Breitenzu- und Abnahmen durch die Schlängelung im Verlauf der längsgetroffenen Fasern deutlich.

In einem Präparat, in dem zwischen 2 Fascien verlaufende Fasern ihrer ganzen Länge nach getroffen sind, sieht man schon bei schwacher Vergrösserung etwa die Hälfte derselben deutlich doch ungleichmässig geschlängelt, stellenweise so stark, dass hier die Fibrillenschrägschnitte in den verschiedensten Richtungen sich kreuzen; das Sarcolemm macht im Allgemeinen die mannigfachen feinen Schlängelungen des Faserinhaltes nicht mit,

der Typus der groben Schlängelung ist also nicht vertreten. In den übrigen Fasern dieses Längsschnittpräparates sind die Fibrillen theils weniger stark geschlängelt, theils verlaufen sie ganz gestreckt. Diese letzteren Fasern fallen schon bei schwacher Vergrösserung dadurch auf, dass sie stark verdünnt sind, oft nur die Hälfte des Dickendurchmessers der geschlängelten Faser haben, die fibrilläre Structur schwerer erkennen lassen und etwas dunkler gefärbt sind.

Nur an einzelnen Fasern sieht man so zahlreiche kleine Kerne, dass eine Vermehrung derselben unzweifelhaft ist; stellenweise sind die Kerne bläschenförmig, doch überwiegen die normalen gestreckten Formen.

Die Bündeleinteilung ist zwar deutlich, doch sind die Bündel in fast allen Präparaten durch Oedem auseinander gedrängt, ebenso die Fasern. An dem lockeren Bindegewebe bemerkt man eine ganz gleichmässige Verdickung der Fasern, dabei fehlt überall Kernvermehrung oder zellige Infiltration.

Fett konnte in den Muskelfasern nicht nachgewiesen werden.

Protokoll 10.

Operation am 2. VI. 99. Aus beiden Achillessehnen wird 1 cm resecirt. Die Retraction beträgt 1 cm.

9. VI. Linker Unterschenkel ödematös, die Haut in der Operationsgegend gerötet.

12. VI. Tod durch Nackenschlag, 10 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Oedem am linken Unterschenkel und mehrfache Blutungen an der Operationsstelle. Rechts fehlen diese Veränderungen. Die Sehnen beider Muskeln sind vielfach an Haut und Fascien adhaerent. Die Zwischensehnen sind von weicher Consistenz und etwas dünner, als eine Achillessehne.

Mikroskopischer Befund.

Nahe der Sehne besteht eine sehr leichte Infiltration des Muskelbindegewebes mit einkernigen Zellen, auch ist die fibrilläre Substanz hier gering vermehrt. Alle übrigen, die weitaus grössten Teile des Muskels, sind völlig frei von derartigen Veränderungen. Wo sie vorhanden sind, besitzen eine Anzahl Muskelfasern, doch nur an einer circumscripten Stelle, eine grosse Anzahl von Vacuolen, z. Teil bis zum wabenartigen Bau des Protoplasma. Die Kerne solcher Fasern sind abnorm reichlich, liegen in Häufchen und Reihen und sind z. Teil hell und gross, z. Teil klein und dicht, bis zu Chromatin-Körnchen hinab. In allen übrigen Teilen des Muskels sind die Kerne unverändert.

Die Bündeleinteilung ist im ganzen Muskel ungestört, doch fallen besonders auf Querschnitten ausgedehnte Partieen auf durch ein besonders dichtes Gefüge der Fasern und Bündel. Lücken, wie sie im gehärteten Präparat sonst nie vermisst werden, fehlen hier völlig, das extrafasciculäre Bindegewebe bildet statt seines gewöhnlichen lockeren Baues dichte Bänder. Solche verdichtete Bündelgruppen sind gewöhnlich ringsum von mehr lockerern umgeben.

Die grobe und feine Schlängelung sind fast auf alle Fasern verbreitet und zwar ist die erste Art gering, die zweite sehr stark ausgeprägt, ohne dass es aber in den Schnitten zu Unterbrechungen in der Continuität gekommen wäre, vielmehr handelt es sich um die Form der feinen Schlängelung, die durch parallelphasige Wellung der Fibrillen charakterisirt ist. Die Muskelfasern als solche machen die Schlängelung der Fibrillen als feinste Querfaltung mit, meist sind sie verbreitert, und man überzeugt sich leicht, dass je stärker die Schlängelung, um so breiter die Faser ist: namentlich an Stellen fast queren Verlaufes der Fibrillen wird durch das Umbiegen derselben eine starke Verbreiterung bedingt. Nur wenige zerstreute Fasern sind gestreckt; sie haben einen dichten Bau und sind stärker gefärbt, als die andern. Auch auf Querschnitten macht sich die feine Schlängelung bemerklich durch die ausserordentliche ungleichmässige Art, wie die Fibrillen getroffen sind.

In der Nähe der Sehne finden sich eine Anzahl Bündel, deren Fasern, der Sehne fast parallel verlaufend, in ganz spitzen Winkel oder direct an sie inseriren. Diese in der Längsrichtung des Triceps surae hinziehenden Fasern sind ziemlich stark verdünnt, sie verlaufen ganz gestreckt, ihre fibrilläre Zeichnung ist äusserst fein, die Querstreifung nur mit Mühe zu sehen.

Protokoll 11.

Tenotomie und Resection der Sehne des Triceps surae am 18. I. 99. Tod an Pleuritis, 17 Tage nach der Operation am 4. II. 99.

Mikroskopischer Befund.

Mikroskopisch sieht man den Einfluss der Entspannung zunächst dadurch, dass die Querschnittsbilder der quer getroffenen Bündel durchgängig rundliche Figuren bilden, während dieselben im normalen Muskel meist in einem Durchmesser verkürzt sind. Auch die einzelnen Fasern haben durchweg auf dem Querschnitt rundliche Conturen und sind verbreitert. Diese Verbreiterung der Fasern ist auch auf dem

Längsschnitte deutlich, die Schlängelung ist hier sehr stark; man sieht die längsgetroffenen Fasern von einer grossen Anzahl querer Lücken unterbrochen. Diese Lücken sind im Verlauf einer längsgetroffenen Faser oft sehr zahlreich und dicht gestellt, ein Beweis für die Feinheit und Intensität der Schlängelung der Fibrillen. Es sieht bei oberflächlicher Betrachtung so aus, als ob diese Fasern in eine grosse Anzahl Scheibchen zerfallen wären, dass es sich in Wirklichkeit jedoch um Niveaudifferenzen handelt, kann man schon daraus erschliessen, dass oft 2 oder 3 solcher scheinbarer Scheibendurchschnitte am Rande der Faser mit einander zusammenhängen, indem hier 2 benachbarte durch eine aus einer Anzahl Muskelfibrillen bestehende Brücke mit einander verbunden sind, und man sieht, wie hier die Fibrillen aus dem einen in den andern Schenkel dieser so entstehenden Hufeisenfigur direkt umbiegen. In solchen Abschnitten durchsetzt also die betreffende Lücke die Faser nicht in ihrer ganzen Breite. Es können nun leicht auch Stellen gefunden werden, wo diese Lücken auf nur eben am Rande der Faser angedeutete Einkerbungen reducirt sind. Viele Fasern sieht man auch, bei denen die Lücken ganz auf einen eben noch sichtbaren Spalt reducirt sind, ja schliesslich auch solche, wo statt der Lücken nur ganz schwach gefärbte Bänder liegen, in denen man aber noch deutlich Fibrillen sieht, dies würde dann also Tälern, die dunklen Streifen dagegen den Gipfeln von Niveaudifferenzen entsprechen. Diese Bilder, in früheren Protokollen schon gelegentlich erwähnt, sind im Präparat von diesem Tier besonders deutlich.

Ausser diesen Fasern sieht man stark verdünnte und gestreckte, die nur etwa halb bis viertel so dick sind, als die verbreiterten geschlängelten, und deutlich Querstreifung und fibrilläre Zeichnung aufweisen, jedoch beides sehr eng und fein. Dieselben sind ungefähr ebenso zahlreich wie die stärker veränderten. Die Kerne sind an den geschlängelten Fasern häufig quer gestellt, an den gestreckten nicht.

In den eben besprochenen Partieen des Muskels sind dies die einzigen Veränderungen, man sieht nichts von einer Vermehrung und Infiltration des Bindegewebes, nichts von einer Vermehrung der Kerne.

Doch fehlen auch diese Veränderungen nicht ganz. Unmittelbar neben den Teilen des Querschnittes durch den tenotomirten Muskel, der die eben besprochenen Veränderungen aufweist, sieht man eine ganz circumscripte Partie, wo das Bindegewebe

stark vermehrt und stark zellig infiltrirt ist; die Muskelfasern sind daselbst auseinandergedrängt, eine Bündeleinteilung ist auch nicht einmal mehr angedeutet; sie zeigen zwei verschiedene Formen ihrer Veränderung. Da sieht man zunächst fast wasserhelle Fasern mit deutlicher fibrillärer Structur und Querstreifung, die sehr stark verbreitert sind und deren Sarkoplasma durch Flüssigkeitsaufnahme offenbar stark diluirt ist. Häufig sieht man auch in diesen Fasern kleinste Vacuolen. Einen Gegensatz zu solchen bilden ganz dunkelbraun gefärbte Fasern von grosser Dichtigkeit und grosser Feinheit der Fibrillenzeichnung wie der Querstreifung, die nur $^1/_5$ der andern an Breite aufweisen. An diesen Fasern sind die Kerne sehr eng in Reihen gelagert.

In diesen Bündeln, deren Bindegewebe vermehrt und zellig infiltrirt ist, fehlt die Schlängelung der Muskelfasern durchweg.

Auch die Fascien zeigen an solchen Stellen lamellöse Auflockerung und Verdickung ihrer Fasern, sie sind gleichfalls auffallend blass gefärbt.

Protokoll 12.

Mageres Kaninchen, am 15. VI. 99 links operirt. Retraction nach der Tenotomie 4 mm, nach Einkerbung der fascialen Teile weitere 4 mm. Es wird 1 cm resecirt.

6. VII. Das Tier ist stark abgemagert. Muskel stark verdünnt.

7. VII. Tot gefunden, 22 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Der linke Muskel ist sehr atrophisch und blass, die Atrophie tritt auf dem Querschnitt als eine in allen Durchmessern annähernd gleichmässige Verkleinerung desselben deutlich hervor. Der Muskelbauch ist der stattgehabten Retraction entsprechend ca. 1 cm kürzer, als der des intacten Muskels, eine entsprechende relative Verlängerung der Sehne ist die Folge. Die Länge der Zwischensehne beträgt 4 cm, auf dem Durchschnitt liegen die Stümpfe der alten Sehne, kennbar an ihrem Atlasglanz, in dem mehr bläulich-weissen glanzlosen Interpolationsgewebe, die absolute Verlängerung des operirten Muskels beträgt gut $^1/_2$ cm.

Die Wägung ergiebt für den tenotomirten Muskel 25 % Gewichtsverlust.

Mikroskopischer Befund.

Mikroskopisch sieht man in der Nähe der Sehne stellenweise stärkere interfasciculäre Auflockerung der Muskulatur durch Oedem, hier auch leichte Induration des Bindegewebes.

Zuweilen sieht man auch Lockerung im Innern der Bündel, die aber nur an wenigen Stellen solche Grade erreicht, dass die Bündeleinteilung dadurch undeutlich geworden ist. Auch sieht man ganz circumscripte Stellen, an denen eine Infiltration des interfasciculären Bindegewebes mit spärlichen Rundzellen besteht. Im grossen ganzen aber ist die Muskulatur namentlich in den aus den obern Partieen entnommenen Schnitten verdichtet, und zwar vorwiegend im Innern der Bündel. Hier liegt oft Faser dicht an Faser gedrängt ohne die feinen Zwischenräume, die im normalen Muskel bestehen.

Die Verdichtung der Muskulatur im Innern der Bündel besteht sowohl dort, wo die Fasern Schlängelung zeigen und verbreitert sind, als in den Partieen, wo sie gestreckt verlaufen, ja stellenweise betrifft die Verdichtung auch die Bündel selbst, an manchen Stellen so, dass überhaupt keine Bündelinterstitien mehr bestehen, die Abgrenzung nur durch die feinen Züge des interfasciculären Bindegewebes geliefert wird.

Von weiteren Veränderungen sieht man hier ausser dieser Verdichtung nur die Schlängelung, aber durchaus nicht an allen Fasern in gleichem Masse. Vor allem tritt ein Unterschied hervor zwischen den Fasern, die den Triceps surae in seiner Längsrichtung durchziehen und denen, die schräg oder quer zur Längsrichtung des Muskels von Fascie zu Fascie ziehen. Jene, namentlich die sich an die Sehne des Muskels selbst ansetzenden, sind meist ganz gestreckt, nur selten finden sich im Verlaufe im übrigen gut gestreckter Fasern Partieen, die eine feine Wellung ihrer Fibrillen und Conturen erkennen lassen. Diese Fasern sind übrigens zugleich stark verdünnt. Schräge und quere Fasern dagegen weisen einen ziemlich beträchtlichen Grad feiner Schlängelung der Fibrillen auf, die stellenweise so stark wird, dass man feine Querlücken sieht. Diese Fasern sind zugleich beträchtlich verbreitert. Es sind hier übrigens nicht nur die Fibrillen, sondern auch die Conturen der Fasern in gleichem Sinne wie diese geschlängelt, die Pharen der Schlängelung der ganzen Fasern einerseits und ihrer Fibrillen andererseits fallen zusammen.

Das Oedem in der Nähe der Sehne verliert sich nach aufwärts; in den mittleren und oberen Teilen bestehen gar keine interstitiellen Veränderungen.

Protokoll 13.

Grösseres Tier, am 23. VI. 99 links operirt. Die vordere Fascienscheidenwand mit exstirpirt. Retraction ca. 7 mm.

6. VI. Muskel leicht verdünnt, fühlt sich etwas derber an. Das Tier zieht beim Laufen den Fuss etwas nach.

10. VII. In der Mitte des Unterschenkels, dem proximalen Sehnenstumpf entsprechend, eine harte Anschwellung. Der Muskel ist deutlich atrophisch.

16. VII. Gestorben, 23 Tage nach der Operation. Todesursache nicht nachgewiesen.

Sectionsbefund: Linker Muskel deutlich blasser, von fester Consistenz. Absolute Sehnenverlängerung ca. 1,0 cm. Das proximale Sehnenende ist von einer deutlichen fibrösen Schwellung umgeben, dieselbe ist, wie auch die Sehne, nur wenig mit der Umgebung verwachsen.

Die Wägung ergiebt für den rechten Muskel 4,56, für den linken 3,15 gr, also einen Gewichtsverlust des operirten Muskels von 30,92 %.

Mikroskopischer Befund.

Auf einem Querschnitt in der oberen Hälfte fallen Regionen ausgesprochener Atrophie auf, jedoch nur bündelweise. Interstitielle Veränderungen, wie zellige Infiltration oder Induration fehlen ganz; die dünnen Muskelfasern liegen in sehr weiten Abständen von einander, das Capillarnetz zwischen ihnen ist deutlich sichtbar.

Die verdünnten Muskelfasern sind durchaus dicht, lassen Spalten und Vacuolen ganz vermissen, ebenso Protoplasmaveränderungen irgend welcher anderen Art. Eine Kernwucherung macht sich an den atrophischen Fasern nicht bemerkbar, auch auf Längsschnitten überzeugt man sich, dass die Kerne in diesen Teilen des Muskels in den gewöhnlichen Abständen liegen und lang gestreckt sind.

In dickeren Fasern des Querschnitts, die bündelweise vorkommen, oder auch an einzeln liegenden, die bei schwacher Vergrösserung etwa den Eindruck von Muskelfasern der gewöhnlichen Dicke machen, verlaufen die Fibrillen in sehr verschiedenen Richtungen, nur ein Teil von ihnen ist genau senkrecht zum Verlauf getroffen, die andern schräg, oder sie ziehen eine Strecke weit in der Schnittrichtung. Die Verdickung wird dadurch verständlich, ein Vergleich mit den dünnen Fasern zeigen in diesen stets genau quer getroffene Fibrillen.

An Längsschnitten erfährt man weiter über den Umfang der Schlängelung, dass bei weitem die meisten Fasern gestreckt verlaufen; im ganzen sehr wenige sind grob geschlängelt; die

feine Schlängelung ist durchgängig der Art, dass der Fasercontur geradlinig ist und im Innern die für den Querschnitt beschriebenen Unregelmässigkeiten in der Richtung der Fibrillen vorkommen.

Das Bindegewebe macht die grobe Schlängelung, wo sie vorhanden ist, mit.

In der Nähe des Sehnenstumpfes setzt sich in einen Teil des Muskellängsschnittes das vermehrte Bindegewebe eine kurze Strecke weit nach oben fort; die Interstitien sind teils zellig, teils fibrös verbreitert, doch wird die normale Bündeleinteilung dadurch nicht verwischt. Im Bereich dieser interstitiellen Neubildung, die in auffälligem und scharfen Gegensatz zu den mittleren und oberen Partieen des Muskels steht, fehlt es auch nicht an Veränderungen des Parenchyms: ausgedehnte Häufchen- und Reihenbildung der Kerne, grosse helle Formen, runde und eingeschnürte, kleine dichte mit zackigen Conturen einerseits, homogene Scheiben und Vacuolen, Spalten andrerseits. Dicht am Muskel, im Sehnenstumpf sieht man ein Gewebe, das sich wie Sehne gefärbt hat, auch die Faserdicke von Sehnengewebe aufweist, nur etwas aufgelockert und geschlängelt ist. Dies verliert sich mit Ausläufern in die Zwischensehne. Diese ist blasser gefärbt, viel feinfasriger, ebenfalls locker und hat zwischen allen Fasern gestreckte kleine Kerne; sie ist capillarreicher als die Sehne, fein gewellt, hier und da mit Blutpigment gefärbt. Rundzellen finden sich nur in Gruppen hier und da zerstreut.

Protokoll 14.

Junges Kaninchen, links operirt am 30. VI. 99. Die Retraction betrug 0,75 cm.

6. VII. Sehne unverdickt. Leichter Decubitus über dem Tuber calcis. Beim Laufen wird der operirte Fuss in Dorsalflexion gehalten und möglichst geschont.

10. VII. Undeutliche Atrophie links. Leichte fibröse Anschwellung dem proximalen Sehnenstumpf entsprechend. Sehne unverdickt.

23. VII. Tod durch Nackenschlag, 23 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Absolute Verlängerung des tenotomirten Muskels 1 cm. Die den resecirten Sehnenstümpfen entsprechenden fibrösen Schwellungen kaum angedeutet, die Zwischensehnen gut ausgebildet, geringe Verdickung der an den proximalen

Sehnenstumpf anschliessenden Fascien. Muskel nur wenig blasser, Atrophie deutlich zu sehen.

Die Wägung ergab:	Rechts gr	Links gr	Gewichtsverlust in %
A. Ganzer Muksel:	6,2	2,75	55,64
B. Einzelne Partieen: Soleus:	0,5	0,1	80,00
Plantaris:	1,47	0,7	52,38
Rest:	4,8	2,2	54,17

Mikroskopischer Befund.

Die Muskelbündel verlaufen nicht gestreckt, sondern lassen Krümmungen und Knickungen erkennen, die dann alle in ihnen enthaltenen Fasern in gleichem Sinne wiederholen.

Eine auffallende Verbreiterung ist bei starker Vergrösserung den meisten Fasern im Präparate vom tenotomirten Muskel gemeinsam. Verglichen mit den langgestreckten schlanken Muskelfasern des intacten Muskels sehen sie so oft plump aus. Bei Immersion sieht man verschiedenartige Structuren; zunächst Fasern mit deutlich fibrillärer Structur und feiner gleichmässiger Wellung jeder Fibrille, die Kerne derselben liegen mit ihrer Längsachse meist der der Faser parallel oder leicht schräg zu derselben gestellt, entsprechend der Schlängelung der Fibrillen in der Faser. Ferner sieht man Fasern, die bei schwacher Vergrösserung eine deutliche Querzeichnung aufweisen derart, dass verwaschene dunkle Bänder über die Breite der Fasern hinziehen, mit entsprechenden helleren Partieen alternirend. Bei Einstellung der Mikrometerschraube verändern diese hellen und dunklen Bänder ihren Ort, sich dadurch als optischer Ausdruck von Niveaudifferenzen im durchfallenden Licht kundgebend, die ihrerseits auf feine Schlängelung der Fibrillen, die so Berg und Thal bilden, zurückzuführen sind. Oft entsprechen solchen dunklen und hellen Partieen auch Vorbuchtungen der Seitenconturen. Die Fibrillen biegen hier zuweilen direct in die Querrichtung der Fasern um, die oft ganz quer gestellten Kerne entsprechen diesem Verhalten. Spalten und Lücken zwischen den Fibrillen sind ziemlich häufig, Vacuolenbildung ist nicht vorhanden; dagegen ist das Sarkoplasma einer Anzahl von Fasern im ganzen stark verdünnt und schwach färbbar; solche Fasern sind stark verbreitert.

Die Kerne erscheinen bei oberflächlicher Betrachtung mit schwacher Vergrösserung vermehrt; sie sind meist bläschenförmig und vergrössert, auch durch die zarte Querfaltung der

Muskelfasern, der ja eine bedeutende Verkürzung ihrer Länge entspricht, zusammengedrängt, so dass eine Anordnung zu Reihen prägnant und ausgedehnter als in der Norm hervortritt.

Im Soleus sind die interstitiellen Veränderungen äusserst stark. Das Gesichtsfeld wird zum grössten Teil ausgefüllt von vermehrten Bindegewebszellen und Kernen. Nur hier und da liegen einige versprengte Muskelfasern dazwischen, die teilweise noch normales Kaliber, stellenweise auch Verbreiterung zeigen, oft aber ganz schmal und im höchsten Grade atrophisch sind. An verschiedenen Stellen der Präparate finden sich Anhäufungen vom Fettgewebe.

Im übrigen Teil der Muskulatur fehlen interstitielle Veränderungen, insbesondere Kernvermehrung.

Protokoll 15.

3. VII. 99. Tenotomie und Resection der linken Achillessehne.

6. VII. Gut geheilt. Function wenig gestört.

10. VII. Sehne unten verdickt. Muskel leicht atrophisch.

29. VII. Gestorben, 26 Tage nach der Operation. Todesursache nicht nachgewiesen.

Sectionsbefund: Peripheres Sehnenende, dem distalen Stumpf entsprechend, stark verdickt, leicht ödematös, in dieser Ausdehnung und noch 1 cm weiter nach oben Verwachsungen mit der Haut.

Muskel deutlich blass und atrophisch, Querschnittvolumen schätzungsweise $^3/_5$ des normalen. Absolute Verlängerung der Sehne beträgt ca. $^3/_4$ cm. Auch eine dem proximalen Sehnenstumpf entsprechende fibröse Schwellung ist vorhanden, doch ist sie nicht so stark, wie die distale.

Die Wägung ergiebt für den rechten Muskel 5,70, für den linken 4,32 gr, also einen Gewichtsverlust des operirten von 24,2 %.

Mikroskopischer Befund.

Man sieht eine durch grosse Strecken der Quer- sowohl wie der Längsschnitte verbreitete sehr starke Atrophie der einzelnen Muskelfasern, die um so deutlicher beobachtet werden kann, weil die Bündel hier im Innern nicht consolidirt sind. Das Kaliber der Fasern beträgt zumeist nur die Hälfte des normalen. Die Bündel sind im Innern mehr oder weniger locker gefügt, stellenweise in dem Grade, dass man von einer intrafasciculären ödematösen Auflockerung sprechen kann.

Bündelweise erblickt man in den Querschnitten vereinzelt auch bedeutendere Veränderungen, neben stärkerem Oedem

Verbreiterung und Auflockerung des zugleich indurirten inter- und intrafasciculären Bindegewebes; hier ist auch zellige Infiltration des so veränderten Bindegewebes vorhanden, die einzelnen Muskelfasern sind auseinander gedrängt und füllen in einigermassen gleichen Abständen das ganze Gesichtsfeld aus, sodass die Bündeleinteilung nach Interstitien nahezu verloren gegangen ist und man nur durch Züge des indurirten und zellig infiltrirten interfasciculären Bindegewebes eine unvollkommene Abgrenzung der Bündel erkennen kann. Die Faserquerschnitte haben hier eine sehr unregelmässige Gestalt, vor allem tritt hervor, dass die Atrophie hier stellenweise nicht so stark, zum mindesten nicht so gleichmässig ist, wie an den oben erwähnten nicht zellig infiltrirten Partieen. Hier, im vermehrten Bindegewebe, sieht man verbreiterte Faserquerschnitte, daneben andere, die enorme Grade der Atrophie aufweisen und nur bei starker Vergrösserung überall im Bindegewebe auffindbar, in diesem förmlich versteckt sind. Solche Fasern weisen auch oft kleinste Vacuolen, jene anderen breiten alle Grade fibrillärer Auflockerung auf.

So ausserordentlich stark diese Veränderungen in diesem Bezirk mit zelliger Infiltration und Induration sind, so circumscript sind sie. Sie sind localisirt in einem zwischen zwei ebenfalls stark aufgelockerten und mit Rundzellen vielfach infiltrirten Fascien belegenen Teil des Querschnitts, der im übrigen die oben erwähnte starke einfache, höchstens mit leichtem Oedem complicirte Atrophie des Muskelparenchyms aufweist.

Auf Längsschnitten zeigt sich ebenfalls starke Verdünnung der Fasern, aber keine Spur einer Schlängelung, die Fibrillen verlaufen vollkommen gestreckt. Auch hier sieht man vielfach das lockere Gefüge der Bündeln im Innern, die Verkleinerung der Bündel, die durch interfasciculäres Oedem bedingte Verbreiterung der Interstitien.

Die Kerne sind der starken Atrophie der Fasern entsprechend einander meist recht nahe gerückt, sodass man z. B. die Anordnung derselben zu längeren Reihen ausgeprägter sieht als im normalen Muskel, jedoch vermisst man die Anzeichen einer durch direkte Teilung bedingten Vermehrung, ausser dort, wo stärkere interstitielle Veränderungen bestehen.

Protokoll 16.

Mittelgrosses Tier, operirt am 6. I. 99. Der Triceps brachii wurde vom Olecranon abgetrennt. Getötet am 6. II., 31 Tage nach der Operation. Der Triceps sieht atrophisch und blass aus.

Mikroskopischer Befund.

Eine Atrophie ist mikroskopisch an der einzelnen Faser nicht sicher zu erkennen. Die Bündeleinteilung ist scharf, nur sind die Interstitien etwas ungleich, stellenweise stark verschmälert, hier besteht also Verdichtung, benachbarte Partieen sind wieder lockerer gefügt; im Innern sind die Bündel meist stark consolidirt. Man sieht also ein sehr unregelmässiges Gefüge des Muskels. Die Muskelfasern sind nur ganz stellenweise grob geschlängelt, wie man bei schwacher Vergrösserung sieht. Bei starker tritt in solchen Partieen ganz vereinzelt auch feine Schlängelung hervor, dieselbe ist aber nirgends so intensiv, dass es zu einer scheinbaren Segmentirung der längs getroffenen Fasern käme. Stellenweise sind die Fascien ebenfalls geschlängelt.

Aenderungen des Protoplasmas sind in den Fasern nirgends nachzuweisen, ebensowenig Fett. Das Bindegewebe ist nirgends vermehrt oder zellig infiltrirt.

Protokoll 17.

4. VII. 99. Tenotomie und Resection der rechten Achillessehne. Die fascialen Teile werden quer eingekerbt, zur Erzielung möglichster Entspannung.

6. VII. Passive Beweglichkeit sehr erleichtert. Fuss in mittlerer Dorsalflexion. Das Tier gebraucht sein Bein beim Laufen ziemlich geschickt.

10. VII. Unteres Sehnenende verdickt, daran schliesst sich weiter muskelwärts eine dünne Partie. Atrophie des Muskels ist nicht zu fühlen.

2. VIII. Starke knotige Anschwellung über dem Tuber calcis, Sehne sonst dünn, Muskelatrophie palpabel.

11. VIII. Tod durch Nackenschlag, 38 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Rechter Muskel ziemlich atrophisch, ca. $^3/_4$ des Volumens des andern. Die absolute Verlängerung der Sehne ist nur gering ($^1/_2$ cm). Die Stelle des peripheren und centralen Sehnenstumpfes ist stark derb fibrös verdickt, das dazwischen gelegene Interpolationsgewebe dünner als die

normale Sehne. Der operirte Muskel sieht nur wenig blasser aus, als der intacte. Die Sehne ist in der ganzen Ausdehnung des Interpolationsgewebes bis zum centralen Sehnenstumpfende aufwärts teils strangförmig, teils flächenhaft sowohl mit der Haut als den Fascien der Umgebung verwachsen. Am Querschnitt sieht man, dass der sagittale Durchmesser des tenotomirten Muskels nicht nur relativ, sondern auch absolut grösser ist, als der des normalen, während der transversale Durchmesser erheblich verkürzt ist.

Die Wägung ergiebt für den intakten Muskel 10,55, für den tenotomirten 7,80 gr, also einen Gewichtsverlust von 26,06 %.

Mikroskopischer Befund.

Die die Bündel zusammensetzenden Fasern zeigen hinsichtlich ihres Kalibers im tenotomirten Muskel sehr viel gröbere Unterschiede, als im normalen. Einige sind verbreitert, solche entsprechen geschlängelten Fasern, andere verschmälert. Der Unterschied zwischen verbreiterten und verschmälerten Fasern ist auch auf Längsschnitten deutlich, die erstgenannten sind zugleich heller gefärbt, ihre fibrilläre Zeichnung ist etwas gröber und sie verlaufen in feinen Wellenlinien. Dieser Charakter der Schlängelung tritt erst bei starker Vergrösserung deutlich hervor und ist deswegen als feine Wellung der Faser zu bezeichnen; eine Verschiedenheit der Schlängelungsphasen der ganzen Faser als solcher und ihres fibrillären Inhaltes besteht nicht. Dieser Grad der Schlängelung ist durch den ganzen Muskel verbreitet. Gerade bei diesem Tier kann man gut sehen, dass die Schlängelung die Fasern nicht in ihrem ganzen Verlauf betrifft, oft sieht man vollkommen gut gestreckte Partieen eingeschaltet.

Interstitielle Veränderungen, geringe Induration und Auflockerung des interfasciculären Bindegewebes mit spärlicher Rundzelleninfiltration bestehen nur in sehr wenig ausgedehntem Masse in der Nähe einer Fascie. Hier, auf einem Längsschnitt, sieht man zugleich stärkere Verdünnung der geschlängelten Muskelfasern und Kernwucherung an denselben, stellenweise auch Vacuolen. An der Peripherie des Herdes klingen diese Veränderungen allmählich ab. Der Querschnitt, der im mittleren Drittel des Triceps surae durch den ganzen Muskel geführt wurde, ist völlig frei davon. Es liefern daher die be-

sprochenen Präparate ein gutes Beispiel einer auch mikroskopisch sichtbaren reinen einfachen Atrophie; dieselbe ist auf dem Querschnitt in dem dem Soleus entsprechenden Abschnitt besonders stark.

In Bezug auf die Dichte seines Gefüges zeigt der tenotomirte Muskel keine Abweichungen.

Protokoll 18.

12. VI. 99. Grösseres kräftiges Kaninchen, am rechten Bein operirt. Retraction 5 mm, 1 cm wird aus der Sehne resecirt.

20 VII. Das Tier wird tot gefunden, 38 Tage nach der Operation. Todesursache wird nicht festgestellt.

Sectionsbefund: Rechter Muskel sehr atrophisch und blass, vor allem im unteren Drittel stark verdünnt. Die neue Sehne ist vom Tuber calcis bis zu 6 cm oberhalb desselben vielfach mit der Haut verwachsen, der periphere Sehnenstumpf knapp 1 cm lang, deutlich erkennbar und mit seiner Umgebung bindegewebig verwachsen. Die Verwachsungen mit der Haut wurden bei der Herausnahme künstlich getrennt. Die von aussen sichtbare Muskelmasse ist stark verkürzt.

Die Wägung ergiebt für den rechten Muskel 6,42, für den linken 3,27 gr, also für letzteren einen Gewichtsverlust von 49,06 %.

Mikroskopischer Befund.

Mikroskopisch finden sich die obern Partieen des Muskels völlig frei von Induration oder zelliger Infiltration des Bindegewebes, im untern Drittel aber sind diese Veränderungen etwas beträchtlicher, vor allem im Soleus, der zum Teil an die unmittelbar in die Sehne übergehende Fascie inserirt und daher von den Folgen des Traumas der Tenectomie besonders stark betroffen ist. Infolge der starken Vermehrung des Bindegewebes, der Auflockerung und des Zellreichtums desselben zeigt die Soleusmuskulatur kein geordnetes Gefüge mehr, überall hat sich dies so veränderte Bindegewebe zwischen Fasern und Bündel hineingedrängt. Eine starke Muskelkernwucherung ist unverkennbar, an vielen beinahe ganz geschwundenen Fasern sieht man die sehr kleinen Kerne in dichten Reihen angeordnet. Die übrigen Fasern sind teils verbreitert und weisen dann deutliche fibrilläre Struktur auf, teils von normalem Kaliber; sie zeigen im übrigen eine ziemlich grobe Schlängelung, feine sieht man hier nicht.

In den oberen Teilen des Soleus und nahezu im ganzen Gastrocnemius und Plantaris vermisst man diese Veränderungen. Die Bündeleinteilung ist hier sehr scharf, es besteht nur eine sehr geringe Auflockerung des Muskelgefüges durch Entfernung der Bündel und Fasern von einander. Manche Bündel erscheinen etwas kleiner, als die Mehrzahl der normalen auf der nicht operirten Seite, doch sind diese Unterschiede nicht prägnant. Auffallend ist an den Fasern ein Gegensatz zwischen blassen, verbreiterten, die auf Strecken ihres Verlaufes unregelmässige Zu- und Abnahme ihrer Breite erfahren, und satter gefärbten, deren fibrilläre Zeichnung undeutlicher ist als bei jenen, die viel dünner, als die andern sind und ganz gestreckt verlaufen; sie sind zahlreicher als die erstgenannten.

Im allgemeinen ist die Schlängelung der Fasern bei diesem Tier ganz gering, nur stellenweise besteht eine grobe Schlängelung, feine der Fibrillen fehlt völlig.

Fett wurde in den Muskelfasern nicht nachgewiesen, in der Markscheide der Nerven dagegen sieht man feinste Fetttröpfchen, die an Menge wohl etwas über die Norm hinausgehen.

Protokoll 19.

19. VII. 99. Tenotomie und Resection der Achillessehne links.

31. VII. Gestorben, 43 Tage nach der Operation. Todesursache nicht festgestellt.

Sectionsbefund: Linker Muskel makroskopisch sehr atrophisch (Querschnittsvolumen schätzungsweise die Hälfte des normalen) und blässer als der rechte. Die absolute Verlängerung der Sehne beträgt $^3/_4$ cm. Den resecirten Sehnenenden entsprechen zwei fibröse Anschwellungen.

Die Wägung ergab:	Rechts gr	Links gr	Gewichtsverlust in %
A. Ganzer Muskel:	5,25	3,60	31,42
B. Einzelne Partieen: Soleus:	0,7	0,2	71,42
Plantaris:	1,22	1,15	5,73
Rest:	3,40	2,25	33,82

Mikroskopischer Befund.

Mikroskopisch fällt vor allem an einer Anzahl von Fasern die starke Vacuolisirung auf. Man sieht alle Uebergänge von den kleinsten, feinsten Tröpfchen bis zu grossen wohlausgebildeten Vacuolen, die in dichtester Folge nebeneinander liegend

den meisten Muskelfasern eine geradezu wabenartige Struktur verleihen. Das Oedem, dem diese Vacuolisirung der Muskelfasern zu Grunde liegt, ist durch interfasciculäre Auflockerung des Gefüges der Muskulatur noch kenntlich in einem Präparat, in den übrigen ist es im interstitiellen Gewebe nicht mehr vorhanden; es besteht vielmehr eine auffallende Dichtigkeit des Gefüges der gesamten Muskulatur, die Abgrenzung von Bündeln untereinander ist nur da deutlich, wo Züge des interfasciculären Bindegewebes sie trennen. Eine stärkere Induration des inter- und intrafasciculären Bindegewebes fehlt.

Fascien und Muskulatur verlaufen grob geschlängelt, dadurch die Entspannung des Muskels zeigend. Fasern, die durch Oedem stärker verbreitert sind, wie aus dem lockeren Gefüge der Fibrillen und ihrer blassen Färbung hervorgeht, zeigen einen mehr gestreckten Verlauf, nur ab und zu eine Andeutung paralleler Wellung aller Fibrillen in gleicher Phase mit dem Fasercontur; in andern Präparaten sieht man auch deutlich die Spuren einer feinen Schlängelung, die sich durch Verschiedenheiten der Schlängelungsphasen der Fibrillen und der ganzen Faser und dadurch bedingte feine Querlücken und Unterbrechungen in der Faser kundgeben.

Protokoll 20.

Mittelgrosses Kaninchen, operirt am 29. XII. 98.

11. II. 99 gestorben an Pleuropneumonie, 44 Tage nach der Operation.

Der Muskel sieht blässer aus, als der normale.

Die Wägung ergiebt für den intacten Muskel 11,50, für den operirten 7,00 gr, letzterer hat also 39,13 % von seinem Gewicht verloren.

Mikroskopischer Befund.

Interstitielle Veränderungen finden sich nur in sehr mässigem Umfang vor; so sieht man auf dem Querschnitt Vermehrung des Bindegewebes und die entsprechenden stärkeren Veränderungen der Fasern im Soleus; auf dem Längsschnitt zeigt ein Präparat eine nur mässige Vermehrung des interfasciculären Binde-

gewebes, das zugleich reicher an Kernen ist, in der Nähe der Sehne im unteren Drittel, sonst fehlen interstitielle Veränderungen ganz.

Bei der Betrachtung des Querschnittes fallen zunächst Unterschiede in der Dichtigkeit des Bündelgefüges der Muskulatur auf. Dieselbe ist am dichtesten durch starke Annäherung der Bündel in einer mehr selbständigen Partie des Muskelquerschnittes im Innern derselben, die ihrer Lage nach dem M.plantaris entspricht.

Hier sieht man zugleich, dass die Bündelquerschnitte nahezu rund oder polygonal mit abgerundeten Ecken sind, während sie in den übrigen Teilen des Querschnittes mehr ihre normale Gestalt (in einem Quermesser stark verkürzt) zeigen. Die Bündelinterstitien sind hier ganz eng, die Bündel selbst alle sehr dicht gefügt, die Faserquerschnitte meist unregelmässig geformt und ihre Ecken abgerundet. Hier wie an andern Stellen tritt eine auffallende Verschiedenheit in der Grösse der Faserquerschnitte in den einzelnen Bündeln zu Tage, dadurch wird eine einfache Atrophie mikroskopisch deutlich. Dieselbe erreicht bündelweise höhere Grade, wenn auch nicht so bedeutende wie dort, wo die interstitiellen Veränderungen in der Nähe der Sehne bestehen.

Von Schlängelung der Muskelfasern sieht man fast gar nichts. In einem der Querschnitte erblickt man ein paar längsgetroffene Faserstrecken, die quere Zeichnung und zarte Querlücken, also noch die Spuren einer feinen Schlängelung des fibrillären Inhaltes aufweisen; diese Fasern sind zugleich verbreitert. Im übrigen passen sich die Fasern dem Verlauf der umgebenden Fascien an, verlaufen höchstens, wie diese, ganz grob geschlängelt, sonst sind ihre Fibrillen gestreckt.

Protokoll 21.

12. VI. 99. Nach Durchschneidung der linken Achillessehne erfolgt eine Retraction von 1 cm, die nach Einkerbung der Fascien nicht zunimmt.

10. VII. Muskel deutlich atrophisch; die Sehne ist dünn, aber deutlich als Strang zu palpiren.

28. VII. Getötet durch Nackenschlag, 46 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Tenotomirter Muskel atrophisch und blass. Es hat sich eine gute Sehne gebildet, sie ist blass, trübe und unverdickt.

Die Wägung ergiebt für den rechten Muskel 4,74, für den linken 3,42 gr, also einen Gewichtsverlust von 28,26 %.

Mikroskopischer Befund.

Von 6 Präparaten, die vom tenotomirten Muskel dieses Tieres angefertigt wurden, sieht man nur in einem Veränderungen des interstitiellen Gewebes, und zwar in einem Längsschnitt, der der Nähe der Sehne entstammt; diese Partie liegt ihrerseits zwischen 2 Fascien; die Muskulatur ist hier stark verdichtet, das Bindegewebe verbreitert, zellig infiltrirt. Auch Muskelkernvermehrung ist durch Häufchen- und Reihenbildung der Kerne deutlich. Dabei sind die Fasern an Kaliber sehr ungleich; einige verbreitert, andere ganz stark atrophisch.

In den übrigen Präparaten bemerkt man von diesen Veränderungen nichts, vor allem auch nicht in den Querschnitten. In diesen aber sieht man eine sehr starke Auflockerung des Bündelgefüges durch Oedem. Wo die Bündel noch zu erkennen sind, sind sie ganz unregelmässige Aggregate ihrer Form und Grösse nach ebenso unregelmässiger Fasern; auch sind sie durch sehr verschieden grosse Bündelinterstitien getrennt. Man sieht verbreiterte und daneben ganz atrophische Fasern, die nur ungefähr $^1/_5$ der Grösse von anderen besitzen, also Unterschiede, wie man sie in einem und demselben Bündel normaler Muskeln nie trifft. Im Soleus ist dazu das inter- und intrafasciculäre Bindegewebe leicht indurirt.

Auch auf den Längsschnitten kann man erhebliche Differenzen in der Breite der Fasern bemerken. Von einer Kernvermehrung sieht man ausserhalb der gleichzeitig interstitielle Veränderungen aufweisenden Partieen nichts.

Die mikroskopisch also in ausgedehntem Masse sichtbare einfache Atrophie, deren einzige Complikation in den Querschnitten ein Oedem mit Induration des Bindegewebes ist, steht also mit der starken Reduction des makroskopischen Querschnittumrisses des tenotomirten Muskels in Einklang.

Irgendwelche Alteration im Protoplasma der Fasern, Vacuolisirung, Fett, auch Fettgewebszellen im interfasciculären Bindegewebes fehlen völlig. Nur grobe Schlängelung von geringer Intensität ist auf den Längsschnitten erkennbar, die Fibrillen verlaufen sonst ganz gestreckt.

Protokoll 22.

Rechts operirt am 4. VII. 99. Retraction 6 mm. 1 cm aus der Sehne resecirt.

10. VII. Ganze untere Hälfte des rechten Unterschenkels diffus geschwollen. Der Muskel fühlt sich etwas härter an.

2. VIII. Man fühlt 2 fibröse derbe Anschwellungen, die in ihrer Lage den resecirten Sehnenstümpfen entsprechen.

21. VIII. Gestorben an linksseitiger Pleuritis, 48 Tage nach der Operation. Der operirte Muskel ist atrophisch und blass.

Die Wägung ergiebt:	Links gr	Rechts gr	Gewichtsverlust in %
Ganzer Muskel:	5,4	3,42	36,66

Mikroskopischer Befund.

Querschnittspräparate der normalen und operirt gewesenen Seite weisen auf dieser eine deutliche nicht unbeträchtliche Verdünnung der Muskelfasern nach; sie betrifft ungefähr gleichmässig den ganzen Querschnitt.

Versucht man die Bündel mit einander zu vergleichen, so fallen bei schwacher Vergrösserung als zweite Eigentümlichkeit die weiteren Abstände der Muskelfasern auf; der Eindruck des compakten Gefüges der Bündel wird dadurch gestört. Man erkennt zugleich die Capillaren und das spärliche intrafasciculäre Bindegewebe als ein feinstes Netz, in dem die Fasern liegen, während das auf der normalen Seite nicht so gut möglich ist. Das interfasciculäre Bindegewebe ist auf beiden Seiten nach Stärke und Zellgehalt gleich beschaffen.

Die starke Vergrösserung lässt zwar weniger gut Vergleiche zwischen den Muskelfasern der beiden Seiten zu, zeigt aber an den verdünnten sehr viel unregelmässigere Formen des Querschnitts, als der Norm entspricht; häufig finden sich halbkreisförmige Einbuchtungen in die Muskelfasern hinein, oder schmale elliptische und sichelförmige Querschnittsfiguren.

Schliesslich finden sich an vielen Fasern auf dem Querschnitt mehr Kerne getroffen als auf der normalen Seite; doch zeigen längsgetroffene Fasern, dass die Zunahme nicht beträchtlicher ist, als man nach Massgabe der Abnahme der kontraktilen Substanz zu erwarten hat; es handelt sich auch nur um lange Kernformen.

Protoplasmaveränderungen in den Muskelfasern fehlen. Die Muskelfasern haben in ihrer grossen Mehrzahl weder grobe noch feine Schlängelung.

Bei starker Vergrösserung finden sich nur selten Unregelmässigkeiten in der Richtung der Fibrillen, die man im Sinne einer kaum noch merklichen feinen Schlängelung zu deuten hat.

Vereinzelte Fasern sind dadurch ausgezeichnet, dass auf dem Längsschnitt der grösste Teil der Fibrillen im Innern vollkommen gestreckt verläuft, während die dem Sarkolemm anliegenden eine starke Schlängelung im Sinne der feinen bis zur queren Unterbrechung zeigen, wobei auch hier die Kerne quer und schräg gestellt sind.

Es finden sich auch Fasern, in denen dieser Gegensatz im Verlauf der centralen und peripheren Fibrillen viel geringer, oder nur eben noch kenntlich ist. Wo er gut ausgeprägt ist, bekommt die Faser eine sehr gleichmässige Zahnung an der Peripherie.

Ganz anders sieht ein Teil der Muskelbündel nahe dem Sehnenstumpf aus, auf einem Längsschnitt etwa die Hälfte neben andern Bündeln, die nur die bisher erwähnten geringen Abweichungen zeigen.

Vom Sehnenstumpf, der ausser einer groben Schlängelung unverändert ist, strahlen breite fibrös verdickte, kernarme Züge aus, die der Lage nach dem Hauptbindegewebe entsprechen. Von diesem wiederum zweigen sich feinere uud lockere Bündel ab, die etwas mehr Kerne, zuweilen sogar dichte Haufen von Rundzellen besitzen. Dieses Bindegewebe liegt an Stelle von Muskelfasern; nur weniger mehr oder weniger stark, zum Teil fast bis zur Unkenntlichkeit verdünnte Muskelfasern sind in weiten Abständen von ihm eingeschlossen. Ihre Kerne sind beträchtlich vermehrt, zu Häufchen und undeutlichen Reihen gruppirt, klein, rundlich mit zackigen Conturen.

Das Sarkoplasma ist oft mit Spalten und Vacuolen durchsetzt.

Protokoll 23.

Junges Tier. Rechts operirt am 30. VI. 99. Retraction nach der Tenotomie 0,5 cm.

10. VII. Leichte feste Anschwellung dem proximalen Sehnenstumpf entsprechend. Eine Sehne als deutlicher Strang ist nicht zu fühlen.

19. VIII. Durch Nackenschlag getötet, 50 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Am tenotomirten Muskel fallen die starken Verwachsungen des Interpolationsgewebes mit der Haut auf, was auch dem Palpationsbefund in vivo, der einen eigentlichen

gut rollbaren Sehnenstrang vermissen liess, entspricht. Die Sehne hat sich in einer Ausdehnung von ca. 3 cm oberhalb des Tuber calcis ganz an die Haut angesetzt. Bei der Herausnahme wurde dieses fibröse Gewebe natürlich etwas gedehnt, und ein Teil der beträchtlichen absoluten Verlängerung der Sehne (ca. 2 cm) ist wohl dem zuzuschreiben. Der Muskelbauch ist rechts ca. 1,5 cm kürzer als links, also kommt 1 cm auf die secundäre Retraction. Der Muskel ist blässer und sehr atrophisch.

Die Wägung ergiebt für den linken Muskel 4,45, für den rechten 2,45 gr, letzterer hat demnach 46,56 % Gewichtsverlust.

Mikroskopischer Befund.

Beim Vergleich zweier Querschnitte durch den ganzen Triceps macht sich auf der operirt gewesenen Seite eine Verdünnung der ganzen Bündel bei schwacher Vergrösserung nicht sicher bemerkbar; dagegen fallen in manchen Bündeln an den Muskelfasern die sehr beträchtlichen Unterschiede in der Dicke auf und zugleich, dass die dünnsten Fasern besonders stark nach van Gieson gefärbt sind. Die Bündel sind in den Präparaten vom tenotomirten Muskel im ganzen dichter gefügt.

Bei starker Vergrösserung sind die einzelnen Fibrillen in den Fasern des normalen Muskels besser zu erkennen, als in vielen Fasern des rechten Triceps; hier liegen sie häufig viel gedrängter, und in jedem Bündel sieht man mehrere ganz besonders dichte (aber nicht homogene) Fasern, — dieselben, die bei schwacher Vergrösserung durch ihren kleinen Querschnitt und ihre tiefe Färbung sich auszeichnen.

Sämtliche Muskelfasern, die auf einem Querschnitt durch den Muskel auf eine kurze Strecke längsgetroffen sind, zeigen die feine Schlängelung in mehr oder weniger starkem Grade, wenn auch nicht bis zu Unterbrechungen oder tiefen Einkerbungen der Fasern im Schnitt. Derartige Fasern sind zum Teil noch lockerer gefügt, als die normalen und oft um das mehrfache verbreitert.

Die zwischen ihren reichlich verstreuten dünnen Fasern von der vorhin erwähnten dichten Struktur mit tiefer Färbung sind bedeutend weniger geschlängelt, sehr oft sogar nahezu oder ganz gestreckt. Alle Fasern, die auf dem Längsschnitt durch den Muskel längs getroffen sind, verlaufen vollkommen gestreckt und sind dabei gleichmässig verdünnt.

Die Muskelkerne stimmen in ihrem Aussehen und ihrer Zahl ganz mit denen der normalen Seite überein. Da wo

Schlängelung vorhanden ist, sind sie quer und schräg zur Faserrichtung gestellt. Ausserdem sind, je stärker die Schlängelung ist, desto mehr die Muskelkerne einander genähert; bei oberflächlicher Betrachtung entsteht so der Eindruck der Vermehrung.

Protoplasmaveränderungen irgend welcher Art fehlen ebenfalls.

Die Bündeleinteilung ist durchweg scharf. Unterschiede in Bezug auf Deutlichkeit, Stärke und Kerngehalt des trennenden Bindegewebes werden vermisst. Auch im Innern der Bündel ist das Bindegewebe unverändert.

Protokoll 24.

21. VI. 99. Kräftiges Kaninchen, rechts operirt. Retraction nach der Tenotomie 6 mm, Resection eines ca. 1 cm langen Stückes.

30. VI. Sehne verdickt. Funktionsausfall ist nicht zu bemerken.

10. VII. Decubitus am Tuber calcis des operirten Fusses. Unteres Sehnenende ziemlich stark verdickt, in der Mitte des Unterschenkels eine Anschwellung, die dem proximalen Sehnenstumpf entspricht. Eine Atrophie des Muskels ist deutlich palpabel.

2. VIII. Die Gegend beider Sehnenstümpfe derb fibrös verdickt, dazwischen eine gute neugebildete Sehne.

21. VIII. Tod durch Nackenschlag, 61 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Bis 4 cm oberhalb des Tuber calcis bestehen Verwachsungen der neuen Sehne mit der Haut. Den beiden resecirten Sehnenenden entsprechen zwei kolbige, derb-fibröse Anschwellungen, dazwischen liegt in ca. $2^1/_2$ cm Länge ein bläulich-weisses trübes Interpolationsgewebe.

Die Wägung ergiebt:	Rechts gr	Links gr	Gewichtsverlust in %
A. Ganzer Muksel:	12,75	19,00	32,89
B. Einzelne Portionen: Soleus:	0,67	1,65	59,39
Plantaris:	3,49	5,20	32,88
Rest:	8,55	11,6	26,28

Alle Portionen des tenotomirten Muskels sind deutlich blasser und dünner, als die des intacten.

Mikroskopischer Befund.

Mikroskopisch treten bei diesem Tier die durch die Entspannung des tenotomirten Muskels unmittelbar bedingten Veränderungen durchaus in den Vordergrund.

Vorauszuschicken ist, dass hier auch im intacten Muskel grobe und feine Schlängelung der Muskelfasern zu sehen sind. Die feine Schlängelung geht hier bis zu der feinen parallelphasigen Wellung der Fibrillen und gleichsinniger Wellung der Faserkonturen, sie unterscheidet sich aber von dem im tenotomirten Muskel anzutreffenden Typus der Schlängelung durch ihre grosse Regelmässigkeit. Es betrifft diese Veränderung nämlich immer sämtliche Fasern eines oder auch mehrerer benachbarter Bündel in gleicher Weise. Ein fernerer Unterschied liegt im Grade der Ausbreitung, es sind weitaus die meisten Fasern des intacten Muskels gestreckt, höchstens grob geschlängelt. Es ergiebt sich hieraus, dass bei kräftiger Muskulatur (es handelt sich hier um ein besonders grosses Tier) die Zeichen der Entspannung an der Muskulatur leichter und deutlicher hervortraten, als bei nur mittelgrossen oder kleinen Tieren; auch mag die bei der Grösse des Objects im Centrum etwas verzögerte Härtung durch ungleichmässige Verschiebungen, die sie bewirkt hat, dieser Erscheinung mit zu Grunde liegen.

Das Bild des tenotomirten Muskels ist ein wesentlich anderes; die Schlängelung der Fasern ist viel stärker und ungleichmässiger. Einige Fasern und Faserstrecken zeigen ziemlich gestreckten oder grob geschlängelten Verlauf ihrer Konturen, andre sind verbreitert und man erkennt feinste parallelphasige Wellung der Fibrillen, zuweilen direct als feinste Schlängelung der Fibrillen, an der sich die Faser als Ganzes nicht mehr beteiligt, z. Teil auch nur durch alternirende helle und dunkle Querbänder angedeutet, z. T. so fein geschlängelt und quergefaltet, dass Einkerbungen und Lücken schon bei schwacher Vergrösserung sichtbar sind.

Die geschlängelten und verbreiterten Fasern, besonders die im peripheren Gastrocnemiusmantel von Fascie zu Fascie ziehenden, sind ganz hell gefärbt. Von ihnen heben sich scharf ab gestreckte und verdünnte Fasern, die nach van Gieson sehr dunkel gefärbt sind.

Alle diese verschiedenen Grade der besprochenen Veränderungen finden sich nun im tenotomirten Muskel oft in demselben Bündel, ohne Uebergang neben einander, wodurch die Längs- und Schrägschnitte derselben ein sehr viel ungleich-

mässigeres und, da Verschiedenheiten in der Färbung je nach der grossern oder geringern Dichtigkeit der Fasern selbst oft vorkommen, im gefärbten Schnitt ein sehr viel bunteres Aussehen erhalten, als die Bündel des intacten Muskels.

Die Bündel sind überall sehr fest gefügt.

Beim Vergleiche zweier Plantarisquerschnitte zeigt sich, dass die Bündelquerschnitte im tenotomirten Muskel oft rundliche Gestalt mit annähernd gleichen Durchmessern haben, während, wie öfters schon erwähnt, im intacten Muskel langgestreckte Querschnitte die Regel sind.

In den oberen Partieen des Muskels ist die Schlängelung und Deformation der Muskelfasern beträchtlicher, als in den untern Partieen; insbesondere sind die auf dem im obern Drittel des Triceps angelegten Querschnitte längsgetroffenen und radiär von Fascie zu Fascie ziehenden Gastrocnemiusfasern bedeutend stärker und feiner geschlängelt, als die auf einem Längsschnitt durch das mittlere und untere Drittel längsgetroffenen Fasern gleichen Verlaufs.

Interstitielle Veränderungen wurden in keinem Präparat gesehen.

Protokoll 25.

3. I. 99. Tenotomie und Resection einer Achillessehne, Tenotomie eines Triceps brachii.

6. III. Gestorben, 62 Tage nach der Operation. Todesursache nicht nachgewiesen.

Sectionsbefund: Sehne gut neugebildet. Der Muskel ist gut herauszupräpariren, seine Farbe gleicht der des normalen.

Die Wägung ergiebt einen Gewichtsverlust von 47 % für den Triceps surae, von 35 % für den Triceps brachii. Die Sehne des Triceps surae ist gut um 1 cm verlängert.

Mikroskopischer Befund.

Mikroskopisch sieht man eine starke und sehr reine Atrophie, Veränderungen des interstitiellen Gewebes, wie Induration, Oedem, zellige Infiltration fehlen nahezu völlig. Der Querschnitt des tenotomirten Muskels ist schon makroskopisch deutlich verkleinert, eine Vergleichung der Bündelquerschnitte ergiebt auf's klarste eine durchgängige Verkleinerung dieser, die um so besser hervortritt, als in der überwiegend grossen Anzahl die Bündel im tenotomirten Muskel dieselbe Dichtigkeit zeigen, wie die des normalen. Nur in ein paar Bündeln sieht man das Bindegewebe leicht vermehrt. Sehr deutlich tritt

ferner hervor, dass die langgestreckte Gestalt der Bündelquerschnittsbilder, die im normalen Muskel die Regel ist, im operirten nicht mehr in dieser Deutlichkeit vorhanden ist, die meisten Querschnitte sind rundlich oder regelmässige Polygone mit abgerundeten Ecken.

Die Faserquerschnitte sind durchgängig stark verkleinert, viele weit über die Hälfte, und man sieht an ihnen alle Uebergänge von kaum merkbarer Atrophie bis zu den höchsten Graden derselben. Auch auf dem Querschnitt ist der Muskel sehr kernreich, man hat hier aber den bestimmten Eindruck, dass dies nur dadurch bewirkt ist, dass dieselbe Anzahl der Kerne, wie im intakten Muskel, auf einen viel kleineren Raum zusammengedrängt liegt. Auch auf Längsschnitten erscheint der operirte Muskel kernreicher, Anordnung der Kerne zu Häufchen fehlt, die zu Reihen ist nicht so verbreitet, dass man von einer absoluten Kernvermehrung sprechen könnte; ausserdem fehlen die Stadien der direkten Kernteilung. Die starke Atrophie der Fasern ist auch hier sehr deutlich.

Die Muskelfasern verlaufen nahezu alle vollkommen gestreckt, nur zuweilen sieht man noch eine feine Wellung an einigen Fasern, doch nur an einer einzigen konnten auf dem Längsschnitt durch feinste Schlängelung ihrer Fibrillen bedingte zarte Querlücken gesehen werden.

Fett konnte in den Muskelfasern nirgends nachgewiesen werden.

Protokoll 26.

Kräftiges Kaninchen, rechts operirt am 21. VI. 99. Retraction 5 mm, nach Einkerbung der fascialen Teile nicht verstärkt.

30. VI. Sehne am operirten Fuss leicht verdickt, das Bein schleppt beim Laufen etwas nach.

10. VII. Sehnenverdickung nur noch gering.

1. VIII. Den resecirten Sehnenstümpfen entsprechend fühlt man je eine fibröse Schwellung. Eine leichte Atrophie ist durch Palpation am Muskel festzustellen.

25. VIII. Getötet durch Nackenschlag, 66 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Absolute Verlängerung der Sehne 1 cm. Atrophie und Blässe des operirten Muskels sehr ausgesprochen. Verkürzung der von aussen sichtbaren Muskelsubstanz ca. 2 cm, auf die secundäre Retraction entfallen also 1,5 cm. Das untere Drittel des Muskels ist im Profilumriss stark reducirt.

Die Wägung ergiebt für den linken Muskel 21,25, für den rechten 12,6 gr, also für den letzteren einen Gewichtsverlust von 40,75 %. Für die einzelnen Portionen ergab sich

	links	rechts	Gewichtsverlust
	gr	gr	in %
Soleus	2,7	0,52	80,74
Plantaris	5,47	3,55	35,10
Rest	13,20	8,05	39,00

Mikroskopischer Befund.

Im Soleus sieht man eine ungleichmässige Atrophie der Muskelfasern; das stark vermehrte Bindegewebe hat hier das Bündelgefüge der Muskulatur völlig verwischt, es ist sehr kernreich. Auffallend ist eine beträchtliche Ausbildung von Fettgewebe. Hier im Soleus ist auf dem Längschnitt die feine Schlängelung der Muskelfasern nur ganz gering. Man sieht auch eine ziemlich reichliche Vermehrung der Muskelkerne, während in den andern Tricepsteilen dies durchaus nicht der Fall ist.

Interstitielle Veränderungen bestehen weder im Plantaris noch im Gastrocnemius. Die Bündeleinteilung ist hier überall scharf.

In einem Längsschnittpräparat vom Plantaris bemerkt man, dass infolge ungleicher Entspannung verschiedene Fasersysteme sich auch bezüglich der Schlängelung verschieden verhalten. Man sieht eine vielfach gefaltete, offenbar stark entspannte Fascie durch den Längsschnitt hinziehen und zu beiden Seiten Muskelbündel an sie inseriren. Diese sind stark geschlängelt, was durch quere Zeichnung der Fasern und feine Wellung der Fibrillen deutlich ist. Zugleich sind sie dadurch stark verbreitert, und die Querfaltung ist stellenweise so fein, dass hier die Faser in der Richtung ihrer Längsaxe förmlich zusammengepresst erscheint. In einem andern Fasersystem jedoch, das in keiner näheren Beziehung zu dieser Fascie steht und in der Längsrichtung des Muskels hinzieht, verlaufen Fascien und Fasern fast gestreckt.

Auf Querschnitten sieht man die Folgen der Entspannung durch Aenderung der Gestalt der Bündelquerschnitte, die mehr rundliche unregelmässige Formen zeigen, als die normalen, ferner etwas lockerer gefügt sind; die Fasern sind hier oft durch unregelmässig verteilte kleine Zwischenräume getrennt und daher ihrem Kontur nach für sich gut unterscheidbar; sie zeigen mehr rundliche Querschnitte.

Vergleiche der Gastrocnemii und Plantares von beiden Seiten ergeben eine z. T. sehr beträchtliche, im ganzen aber ungleichmässige Verdünnung vieler Fasern im tenotomirten Muskel.

Protokoll 27.

Kräftiges Tier, am 6. I. 99 operirt an der Achillessehne und der des Triceps brachii.

15. III. Gestorben, 68 Tage nach der Operation. Todesursache: Pleuropneumonie.

Die Wägung ergiebt:

	Intacter Muskel	Operirter Muskel	Gewichtsverlust
	gr	gr	in %
Triceps surae:	5,2	3,8	26,8
Triceps brachii:	5,5	3,0	45,45

Mikroskopischer Befund.

An den Längsschnitten sowohl wie an den Querschnitten sieht man eine einfache Atrophie; diese ist ungleichmässig, stellenweise nur undeutlich, anderwärts erreicht sie höhere Grade. Die Kerne sind auch hier scheinbar vermehrt, da sie sich in Folge der Atrophie einander genähert haben, dies sieht man schon auf dem Querschnitt, besonders deutlich aber auf dem Längsschnitt. Sie zeigen z. T. sehr verschiedene Formen, Anordnung derselben zu Reihen sieht man häufig, Anordnung zu Häufchen, die ein sicheres Merkmal stattgehabter direkter Teilung ist, dagegen nicht. Im ganzen herrscht die oblonge Form der Kerne vor, doch sieht man auch kugelige, gequollene Formen.

Die Bündeleinteilung ist im allgemeinen völlig scharf, nur in etwa $^1/_5$ des Querschnittes ist sie getrübt durch eine leichte intrafasciculäre Auflockerung und zugleich durch Annäherung der Bündel untereinander.

Interstitielle Veränderungen wie Induration, zellige Infiltration fehlen auf dem Quer- wie dem Längsschnitt.

Auch auf dem Längsschnitt zeigen sich die Fasern ziemlich stark verdünnt. Die Fibrillen verlaufen völlig gestreckt, die Fasern als solche jedoch weisen stellenweise eine ganz grobe Schlängelung auf, die, wie man auf dem Längsschnitt sieht, auch die ganzen Bündel betrifft. Dies Verhalten zeigt sich nur in einem Teil des Längsschnitts, im übrigen verlaufen Fasern und Bündel fast linear gestreckt.

Fett konnte in den Fasern nirgends nachgewiesen werden.

Protokoll 28.

Kräftiges Tier, operirt am 17. VI. 1899. Retraction nach der Tenotomie 5 mm, nach Durchtrennung der Vincula tendinum weitere 5 mm. Resection eines 1 cm langen Stückes.

21. VI. Gut geheilt. Atrophie durch Palpation deutlich.

6. VII. Peripheres Ende unverdickt, der Triceps surae setzt sich höher an.

10. VII. Muskel stark atrophisch. In der Mitte und am Ende der verlängerten Sehne eine starke fibröse Schwellung.

1. VIII. Der operirte Muskel fühlt sich dünner an, als der normale.

27. VIII. Tod durch Nackenschlag, 71 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Man sieht deutlich, dass der Bauch des tenotomirten Muskels eine viel gedrungenere Gestalt hat, als der des intacten. Auf der Hinterfläche sieht man wieder einen Buckel, der der ergiebigeren Retraction des Plantaris zuzuschreiben ist und vor allem im Profil deutlich hervortritt. Der Muskel ist stark atrophisch und blässer, als der normale. Die Muskelsubstanz endet weiter proximalwärts, als beim intacten Muskel, die absolute Verlängerung beträgt ca. 1 cm. Vielfach bestehen strangförmige und flächenhafte Verwachsungen der Sehnenstümpfe und Zwischensehne bis ca. 6 cm oberhalb des Tuber calcis.

Die Wägung ergiebt:

	Normaler M. gr	Operirter M. gr	Gewichtsverlust in %
A. Ganzer Muskel:	14,37	9,00	37,36
B. Einzelne Portionen: Soleus:	1,55	0,3	80,64
Plantaris:	3,75	2,2	41,33
Rest:	8,80	6,0	31,93

Mikroskopischer Befund.

Im Soleus besteht eine ziemlich reichliche Vermehrung des interstitiellen Bindegewebes, dasselbe ist zugleich sehr zellreich. Die Zellen haben teils oblonge, teils bläschenförmige Kerne; mehr circumscripte Rundzelleninfiltrate sieht man nur wenig, vorzugsweise in der Nähe von Fascien und Gefässen; bei letzteren findet man herdförmige Anhäufungen geringer Mengen von Fettzellen, die auf der anderen Seite fehlen.

Die Muskulatur ist auf Quer- und Schrägschnitten gut zu erkennen, sie überwiegt weitaus an Masse das Bindegewebe. Die Bündel haben meist eine rundliche Form und sind eng

aneinander gedrängt, die Bündelinterstitien sind vom erwähnten zellreichen Bindegewebe ausgefüllt; Trübung der Bündeleinteilung ist in geringem Grade dort vorhanden, wo auch das intrafasciculäre Bindegewebe zellreicher ist. An den Muskelfasern sieht man ungleichmässige Dicke, einige Fasern sind stark verbreitert, andere sehr dünn, erstere meist heller gefärbt und fibrilläre Auflockerung zeigend, letztere satter gefärbt und von dichter Consistenz. Feine Schlängelung der Fasern ist hier und da vorhanden.

Anders im Plantaris und Gastrocnemius. Hier sieht man von Atrophie auf Querschnitten nichts, die Folgen der Entspannung, Verbreiterung der Faserquerschnitte und grobe wie feine Schlängelung, überwiegen und beherrschen das mikroskopische Bild. Von interstitiellen Veränderungen bemerkt man im Plantaris und Gastrocnemius nichts. Die Schlängelung der Fasern ist hier ziemlich complicirt und sehr unregelmässig, dieselbe Faser weist meist grobe und feine Schlängelung zugleich auf, im Bereich der feinen ist sie meist stärker verbreitert. Quere Zeichnung als Ausdruck fibrillärer feiner Schlängelung findet man häufig, Querlücken und Unterbrechungen im Innern der Fasern aber nicht. Namentlich an Stellen, wo die ganzen Bündel als solche Knickungen und Windungen in ihrem Verlauf zeigen, sind die Fasern verbreitert, erscheinen dort wie zusammengeschoben und haben an solchen Stellen ihres Verlaufes ein plumpes Ansehen. Fibrilläre Zeichnung und Querstreifung ist an allen Fasern deutlich.

Protokoll 29.

Kräftiges Kaninchen, am 15. VI. 1899 rechts operirt. Retraction sofort nach der Tenotomie $^1/_2$ cm, nach Durchtrennung der Vincula tendinum weitere 5 mm, Resection eines 1 cm langen Stückes aus der Continuität der Sehne.

21. VI. Leichter Decubitus über dem Tuber calcis der operirten Seite.

6. VII. Decubitus nur noch ganz gering. Der operirte Fuss wird in mittlerer Dorsalflexion gehalten, die Zehen sind leicht plantarflectirt (Krallenstellung), passiven Bewegungen im Tibiotarsalgelenk wird nur sehr geringer Wiederstand entgegengesetzt, der Fuss pendelt förmlich auf Stoss.

10. VII. Sehne sehr dünn, in der Mitte leichte feste Anschwellung. Muskel nur wenig atrophisch.

29. VIII. Tod durch Nackenschlag, 75 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Bis ca. 6 cm weit vom Tuber calcis an aufwärts Verwachsungen der Sehnenstümpfe und der Zwischensehne mit Haut und Fascien der Umgebung.

Der Muskel ist deutlich blasser und atrophisch. Er und die neue Sehne sind um ca. 1 cm länger als das Muskel-Sehnenpräparat der anderen Seite.

Die Wägung ergiebt:	Links gr	Rechts gr	Gewichtsverlust in %
A. Ganzer Muskel:	13,3	8,5	36,09
B. Einzelne Portionen: Soleus:	1,4	0,4	71,43
Plantaris:	3,8	2,22	41,55
Rest:	7,9	5,65	28,48

Mikroskopischer Befund.

Stärkere interstitielle Veränderungen sind bei diesem Tier im Soleus und Plantaris vorhanden. Wie in solchen Fällen es die Regel ist, sieht man Fasern von sehr verschiedenem Kaliber, stark verbreiterte und blass gefärbte, die zugleich fibrilläre Auflockerung und unregelmässige feine Schlängelung ihrer Fibrillen zeigen, neben dunkel gefärbten, stark verdünnten Fasern, die oft im Bindegewebe versteckt liegen. Das interstitielle Gewebe ist in beiden Muskeln stark vermehrt und mit Zellen, die ovale und bläschenförmige Kerne aufweisen, ziemlich reichlich und gleichmässig durchsetzt. Herdförmige Rundzelleninfiltrate finden sich nur zuweilen. Das Bindegewebe stört stellenweise die Anordnung der Fasern in den Bündeln, indem es sich zwischen sie hinein schiebt. Fettgewebszellen sind im Verfolg des Gefässverlaufes oft zu sehen. Abgesehen von den extremen Unterschieden im Kaliber und den Verschiedenheiten in der Färbung sieht man an den Muskelfasern keine weiteren Structurveränderungen.

Der Gastrocnemius zeigt vor allem noch deutlich die Folgen der Entspannung an den Fasern, Schlängelung und Verbreiterung derselben, wobei grosse Unregelmässigkeiten der geschlängelten Teile die Regel ist; am intensivsten ist sie an den Fasern, die radiär in der Querebene des Muskels von Fascie zu Fascie ziehen.

Protokoll 30.

Mittelgrosses Tier, operirt am 3. I. 1899.

26. III. Gestorben 82 Tage nach der Operation. Todesursache nicht nachgewiesen. Der Triceps surae sieht sehr atrophisch und blass aus.

Die Wägung ergiebt für den operirten 4,1, für den andern 7,0 gr, also hat ersterer 41,4 % seines Gewichtes eingebüsst.

Mikroskopischer Befund.

Die Bündel haben dieselbe Beschaffenheit und Anordnung wie im normalen Muskel, sie sind getrennt durch ein Bindegewebe, das nicht stärker ist, als in einem gewöhnlichen Muskel; jede Induration oder zellige Infiltration fehlt.

Die Fasern verlaufen fast sämtlich völlig gestreckt. Eine leichte Andeutung sehr grober Schlängelung ist nur an ganz vereinzelten Fasern zu sehen; sie überschreitet nicht das Mass dessen, was gelegentlich auch in einem gehärteten Muskel ohne vorangegangene Tenotomie vorkommt.

Auch feine Schlängelung ist bei schwacher Vergrösserung nicht zu sehen. Bei starker fehlt sie den meisten Fasern ganz, anderen auf meist lange Strecken. Zwischen solchen liegen dann Partieen mit feinster, jedoch sehr undeutlicher Schlängelung und zwar nicht einmal aller Fibrillen an einer derartigen Stelle. Zuweilen lässt sich auch nur eine kaum merkliche Unregelmässigkeit im Verlauf der Fibrillen als Schlängelung deuten.

Andere Abweichungen, wie zellige Infiltration des Bindegewebes, Protoplasmaveränderungen, Fettgehalt und Vermehrung der Kerne fehlen. Dagegen ist durch den Vergleich mit dem intacten Muskel eine Verdünnung vieler Fasern festzustellen.

Protokoll 31.

Kräftiges Kaninchen, rechts operirt am 23. VI. 99. Tenectomie der Achillessehne, Tenotomie des Triceps brachii. Retraction $^1/_2$ cm. Die vordere Sehnenscheidenwand wurde mit exstirpirt.

10. VII. Mehrfach leichte Verdickungen im Verlauf der Sehne, besonders nach dem Muskel zu. Leichte Atrophie palpabel.

2. VIII. Man fühlt eine stärkere fibröse Schwellung, die dem proximalen Sehnenstumpf entspricht.

13. IX. Tod durch Nackenschlag, 83 Tage nach der Operation. Triceps surae blass. Atrophie, dem Volum nach zu urteilen, nicht sehr bedeutend, ausgesprochener am Triceps brachii. Der letztere hat sich mit einem distalen Ende auf 1,5 cm Entfernung vom Olecranon zurückgezogen, zwischen ihm und dem Olecranon-Stumpf befindet sich ein fest mit dem unterliegendem Anconaeus internus verwachsener, ca 3 mm dicker Strang von parallelfasrigem Aussehen, ganz analog dem Zwischengewebe, das in 2,5 cm Ausdehnung die beiden Stümpfe der Achillessehne vereint. Der Strang ist beinahe 3 cm lang und lässt sich leicht herauspräpariren.

Die Wägung ergiebt:	Links gr	Rechts gr	Gewichtsabnahme in %
A. Triceps surae ganz:	10,80	8,22	23,88
B. Einzelne Portionen: Soleus:	0,95	0,30	68,42
desselben Plantaris:	2,80	2,60	7,14
Rest:	6,40	5,50	14,07
C. Triceps brachii:	8,50	5,20	38,82

Mikroskopischer Befund.

In ziemlich ausgedehntem Masse sieht man im Gastrocnemius noch Verbreiterung, quere Faltung der Fasern und feine Schlängelung der Fibrillen. Auch auf Querschnitten tritt dies hervor, in einem Faserquerschnitt sind z. B. die Hälfte der Fibrillen quer, die andere im Schrägschnitt getroffen, was man, da die fibrilläre Zeichnung in den meisten Fasern sehr deutlich ist, gut sehen kann. Die Schlängelung ist meist sehr fein, sie zeigt zwar noch den ungleichmässigen Charakter, der ihr längere Zeit nach der Tenotomie eigentümlich ist, d. h., sie ist nicht immer an derselben Faser in gleicher Intensität vorhanden und auch an den einzelnen Fasern in sehr verschiedenem Grade, doch ist sie im allgemeinen nicht sehr fein und meist entspricht den Windungen der Fibrillen eine gleichphasige Schlängelung der ganzen Faser. Nur einige Fasern sieht man, deren Fibrillen so wirr durcheinander liegen, dass man die Querstreifung infolge der mannigfachen Längs-, Schräg- und Querschnitte der Fibrillen kaum mehr sieht.

Im Triceps brachii sieht man gleichfalls die Fasern noch geschlängelt, die Schlängelung ist hier grober, betrifft deutlich die ganze Faser als solche, zuweilen auch mehrere nebeneinanderliegende in gleicher Phase. In der Nachbarschaft der

Sehne werden verdünnte und gestreckte Fasern mehr gesehen als an andern Stellen des Muskels.

In beiden Muskeln ist die Bündeleinteilung deutlich; interstitielle Veränderungen fehlen nur im Soleus nicht, erreichen aber auch hier nur geringe Grade. Im Soleus kann man eine ziemlich ungleichmässige Atrophie der Fasern auf dem Querschnitt mikroskopisch deutlich erkennen, in einigen Bündeln sind die Fasern sehr ungleich, die kleinsten haben etwa $^1/_4$ bis $^1/_5$ Grösse der normalen; die Atrophie des Triceps surae und des Triceps brachii ist weniger deutlich an den einzelnen Fasern zu sehen.

In den quergefalteten Fasern, deren Fibrillen also fein geschlängelt verlaufen, sieht man die Kerne oft quer zur Längsaxe der Faser gestellt, andere Veränderungen sieht man an ihnen nirgends.

Protokoll 32.

Grösseres Tier, am 12. VI. 99 links operirt. Retraction 1 cm, Plantaris-Sehne etwas höher abgeschnitten. 1 cm aus der Continuität der Sehne resecirt.

10. VII. Muskel nur undeutlich atrophisch; harte Anschwellung am Tuber calcis und dem proximalen Sehnenstumpf entsprechend.

6. IX. Tod durch Nackenschlag, 86 Tage nach der Operation. Der linke Muskel ist leicht atrophisch, hat ungefähr dieselbe Farbe, wie der rechte.

Die Wägung ergiebt:	Rechts gr	Links gr	Gewichtsabnahme in %
A. Ganzer Muskel:	13,7	10,8	21,17
B. Einzelne Portionen: Soleus:	1,22	0,65	46,72
Plantaris:	3,35	2,47	26,27
Rest:	8,95	7,32	18,21

Mikroskopischer Befund.

Eine Atrophie ist nur im Soleus zu sehen, wo die Fasern im tenotomirten im allgemeinen dünner sind, als im intacten Muskel. Die Kerne sind hier z. T. grösser und bläschenförmig, kugelig geformt; ihr Chromatingerüst ist im tenotomirten Muskel klarer zu sehen, als im intacten. Anordnung der Kerne zu Häufchen sieht man nur selten, dagegen sind sie, bei der starken Verdünnung der Fasern, oft zu Reihen aneinander-

gerückt. Hier im Soleus verlaufen die verdünnten Fasern völlig gestreckt, interstitielle Veränderungen sind in beschränktem Masse vorhanden, die Bündeleinteilung ist durchweg klar.

Im übrigen Teil des Triceps, im Gastrocnemius vor allem, sind die Muskelfasern durch Verbreiterung und Schlängelung ihrer Fibrillen, ferner durch zarte Querfaltung stark deformirt, dies erkennt man sogar schon auf Querschnitten. Die Befunde zeichnen sich indess durch grosse Ungleichmässigkeit aus. Eine ziemlich starke fibrilläre Auflockerung ist allen Fasern gemeinsam. Die feinste Schlängelung, bis zur Bildung querer Lücken, ist an den Fasern nur abschnittsweise zu sehen, dazwischen sind wieder Partieen mit grobgeschlängeltem oder gestrecktem Verlauf der aufgelockerten Partieen eingeschaltet.

Im Plantaris ist auf dem durch den grössten Teil des Muskels geführten Längsschnitt die Schlängelung gleichfalls sehr verbreitet, sie ist auch hier ziemlich fein, der Typus der parallelen Wellung aller Fibrillen der Fasern herrscht hier vor, man sieht hier aber auch mehr ganz gestreckt verlaufende Fasern.

Fett konnte in den Muskelfasern nirgends nachgewiesen werden, Fettgewebe ist im Soleus in spärlichem Masse vorhanden.

Protokoll 33.

9. VI. 99. Tenectomie der rechten Achillessehne, Retraction 0,5 cm, nach Einkerbung der fascialen Teile nur wenig mehr. Eine am

12. VI. vorgenommene Inspection ergab: Operirter Muskel weicher und dicker, leichte Functionsbehinderung; der passiven Bewegung des Fusses wird weniger Widerstand entgegengesetzt, als auf der linken Seite; ausserdem besteht Dorsalflexion mittleren Grades und leichte Plantarflexion der Zehen (Krallenstellung).

6. VII. Tenotomirter Muskel stark verhärtet und verkürzt.

10. VII. Atrophie deutlich; in der Mitte zwischen seinen beiden Insertionspunkten eine harte Schwellung, Sehne sehr dünn.

6. IX. Tod durch Nackenschlag, 89 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Die absolute Verlängerung beträgt 1 cm, der Muskelbauch ist gegen den anderseitigen verkürzt, die Atrophie vor allem im untern Drittel auffallend, der operirte Muskel ist blasser.

Die Wägung ergiebt	Links gr	Rechts gr	Gewichtsverlust in %
A. Ganzer Muskel	13,3	8,5	36,09
B. Einzelne Portionen: Soleus:	1,02	0,25	75,49
Plantaris:	3,72	2,45	34,14
Rest:	9,00	5,62	37,55

Mikroskopischer Befund.

Auf Querschnitten sieht man wieder abgerundete Formen der Bündel, statt der oblongen. Auch die einzelnen Faserquerschnitte nähern sich mehr der Kreisform, die Schärfe der Konturen und Ecken normaler Fasern vermisst man völlig.

In sich sind die Bündel nicht aufgelockert, die Dicke der Fasern in einem und demselben Bündel ist ziemlich ungleich, einige Fasern sehen atrophisch aus, andere wieder sind verbreitert. Dies entspricht auch den auf Längsschnitten zu erhebenden Befunden. Hier sieht man viele Fasern verbreitert, und zwar sind es die geschlängelten. Die feinsten Formen der Schlängelung sieht man nicht, es liegt eine parallelphasige Wellung der Fibrillen im gleichen Sinne mit der der Faserconturen von sehr ungleicher Amplitude vor. Die radiär in der Querebene des Gastrocnemius verlaufenden Fasern zeigen stellenweise unregelmässige quere Wulstung, sie sind an solchen Stellen besonders stark verbreitert.

Im Soleus findet sich eine viel bedeutendere Atrophie, zugleich ist das interstitielle Bindegewebe stark vermehrt. Charakteristisch für diesen Fall ist, dass hier enorm viel Fettgewebe liegt, so dass man im ganzen mehr Fettzellen, als Muskulatur auf Längs- und Querschnitten erblickt.

Protokoll 34.

Operirt am 6. I. 99. Einfache Tenotomie am Triceps brachii und Tenotomie mit Resection von 1 cm aus der Achillessehne einer Seite.

21. VI. Das operirte Bein weist keine Funktionsbehinderung auf.

28. VI. Tod durch Nackenschlag, 173 Tage nach der Operation.

Das Interpolationsgewebe, sofort kenntlich durch seine bläulichweisse Färbung und das Fehlen des normalen Sehnenglanzes, bildet einen schön drehrunden Strang von der Form einer normalen Sehne. Es bestehen nur leichte Adhäsionen

mit der Haut und den tieferliegenden Fascien. Die absolute Verlängerung beträgt ca. $^1/_2$ cm, die Länge der Zwischensehne 4 cm, die Muskelsubstanz ist mit der normalen verglichen in der Längsaxse auf ca. 1,5 cm verkürzt. Mit der Abtrennung der Sehne vom Tuber calcis erfolgt eine Retraction von ca. 0,5 cm. Der Muskel sieht leicht atrophisch und ein wenig blasser, als der der andern Seite aus.

Die Wägung ergiebt für den normalen Muskel 12,55, für den operirten 10,35 gr, also für den letzteren einen Gewichtsverlust von 17,5 %.

Der Triceps brachii weist keine erkennbaren Unterschiede auf, auch die Wägung ergiebt nur einen Gewichtsverlust von 6,1 %.

Mikroskopischer Befund.

Mikroskopisch ist auf den Querschnitten, die im mittleren Drittel der Muskeln zum Vergleich angelegt wurden, von einer Atrophie nichts zu sehen. Der Querschnitt des tenotomirten Muskels zeigt in einigen Partieen starke Annäherung der Bündel bis zum Verschwinden der Interstitien, in andern Partieen ein mehr lockeres Gefüge im Innern der Bündel, wie es aber in dieser geringen Stärke auch in normalen Muskeln gesehen werden kann; in andern Partieen wieder sind die Bündel in sich consolidirt, dagegen die Bündelinterstitien etwas unregelmässig, bald weiter, bald etwas enger. Es kombiniren sich also Verdichtung und lockerer Bau auf dem Querschnitt in mannigfacher Weise. Im Gegensatz dazu vermisst man auf dem Querschnitt vom intacten Muskel gerade dieses Tieres solche Unterschiede in der Dichtigkeit; er besitzt eine sehr scharfe und gleichmässige Bündeleinteilung und die Bündel in sich alle annähernd denselben Grad der Dichtigkeit. Das Bindegewebe ist garnicht vermehrt. Einige in der Querebene längsgetroffene Fasern verlaufen ganz grob geschlängelt.

Auf Längsschnitten hat man stellenweise einen deutlicheren Eindruck einer Atrophie. Hier kann man ziemliche Unterschiede im Kaliber der Faser sehen, ungefähr 1 : 5 sind die Extreme. In einzelnen Partieen liegen nun die schmalen Fasern so eng zusammen, dass man sie unmöglich alle für Kantenschnitte, sondern wirklich für verdünnte Fasern halten muss. Fast alle diese Fasern laufen gestreckt, nur hier und da sieht man Fasern, die im übrigen gut gestreckt auf kurze Partieen zarte, parallelphasige Wellung ihrer Fibrillen zeigen. Die Kerne sind nicht vermehrt, die Struktur aller Fasern sehr deutlich. Fett fehlt in der Muskulatur.

Protokoll 35.

Links operirt am 18. I. 99.

21. VI. Funktion nicht merklich gestört.

10. VII. Sehne deutlich verlängert und etwas härter und dicker anzufühlen, als auf der rechten Seite. Atrophie des Muskels nicht deutlich zu palpiren. Consistenz beider Gastrocnemii scheinbar gleich.

1. VIII. Getötet durch Nackenschlag, 174 Tage nach der Operation.

Der Muskel ist blasser, als der intacte, sein Volumen ist stark reducirt, auf dem Durchschnitt ist er stark verdichtet. Die Muskulatur endet 1,5 cm höher, als auf der normalen Seite. Die absolute Verlängerung der Sehne beträgt 1 cm. Man sieht ein bläulich-weisses Interpolationsgewebe von ca. 5 cm Länge, welches, was seine drehrunde Beschaffenheit und scharfe Differenzirung von der Umgebung anlangt, nahezu völlig die Beschaffenheit einer normalen Sehne zeigt. Die Sehnenstümpfe sind makroskopisch durch ihre weissglänzende Beschaffenheit deutlich.

Die Wägung ergiebt für den rechten Muskel 9,00, für den linken 4,65 gr, also für letzteren einen Gewichtsverlust von 49,44 %.

Mikroskopischer Befund.

Auffallend ist auf dem Querschnitt des tenotomirten Muskels eine bedeutende Verdichtung der Muskulatur, die sowohl die Bündelanordnung als das Bündelinnere betrifft. Dies ist vor allem im centralen Teil des Plantaris der Fall. Hier ist auch einfache Atrophie deutlich nachgewiesen, die Faserquerschnitte sind durchweg bedeutend kleiner und unregelmässiger geformt, als in den peripheren Partieen, wo die Bündeleinteilung im ganzen durchweg scharf und die Atrophie der Muskelfasern nicht so allgemein und bedeutend ist.

Induration, Oedem und zellige Infiltration des Bindegewebes ist nicht vorhanden.

In mehreren Gegenden der Peripherie des Querschnitts sind radiär von Fascie zu Fascie ziehende Fasern längs getroffen. Die meisten von diesen verlaufen gestreckt und sind ziemlich stark atrophisch, andere aber sind noch verbreitert und zeigen noch Schlängelung ihrer Fibrillen. Besonders deutlich ist in dieser Partie an mehreren Fasern ein eigentümliches Verhalten, dass schon in einem früheren Protokoll gelegentlich erwähnt wurde. An diesen Fasern sieht man einen axialen Strang

gestreckt verlaufender Fibrillen, während zu beiden Seiten von diesen Zacken ausgehen, die peripheren noch geschlängelten Fibrillen. Dem entsprechen auch Querschnittsfiguren von Fasern, die in ihrem Innern einen axialen Teil rein quergetroffener Fibrillen zeigen, während man diese umgeben sieht von einem concentrischen Ringe schräg getroffener Fibrillen. Diese beiden Befunde decken sich also und sind offenbar auf denselben Vorgang des Verschwindens der Schlängelung zu beziehen.

Auf den Längsschnitten sieht man die meisten Fasern gut gestreckt, einzelne sind nur noch verbreitert durch fibrilläre Auflockerung und leicht gewellten Verlauf ihrer Fibrillen, ja zuweilen zeigen sie auf einer ganz circumscripten Stelle, deren Ausdehnung etwa 1—2 Faserbreiten beträgt, noch parallelphasige Wellung.

Vermehrung von Kernen sieht man nicht, ausgenommen an einer ganz kleinen Stelle, wo in Längsschnitten das Bindegewebe stark vermehrt ist.

Auch auf den Längsschnitten ist stellenweise eine ausserordentlich starke Verdichtung der Muskulatur zu sehen, sodass hier die Bündeleinteilung allein dadurch ganz aufgehoben ist.

Fettgewebe ist auch in der kleinen Partie, wo das interstitielle Bindegewebe vermehrt und zellreich ist, nicht vorhanden. Auch auf Fett in den Muskelfasern ist an mehreren Stellen der Muskel untersucht, doch nichts gefunden worden.

Protokoll 36.

Links operirt am 29. XII. 98.

10. VII. 1899. Sehne gut rollbar, sodass durch Palpation kaum ein Unterschied zwischen intactem und operirtem Bein zu entdecken ist.

29. VIII. Getötet durch Nackenschlag, 243 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Absolute Verlängerung 1 cm. Starke Atrophie des Muskels. Der Muskel ist blässer als der normale. Er zeigt bei makroskopischer Betrachtung starke Verkürzung seines Bauches und relative Verlängerung der Sehne (ausser der auf Rechnung der absoluten Verlängerung zu setzenden). Der Ansatz der von der Umgebung gut isolirten Sehne ist am Tuber calcis. Die Sehnenstümpfe kann man eingehüllt in das Interpolationsgewebe an ihrem Glanz noch deutlich erkennen.

Die Wägung ergiebt:	Rechts gr	Links gr	Gewichtsverlust in %
A. Ganzer Muskel:	5,4	3,9	27,8
B. Einzelne Portionen: Soleus:	0,6	0,2	66,6
Plantaris:	1,3	1,05	19,0
Rest:	3,45	2,3	33,33

Mikroskopischer Befund.

Die Muskulatur im tenotomirten Muskel dieses Tieres ist im allgemeinen stark verdichtet, was sowohl auf Längs- wie auf Querschnitten zu sehen ist. Nur im Soleus besteht, hier auch nur ganz stellenweise, Induration und ganz spärliche zellige Infiltration des interfasciculären Bindegewebes; sonst ist die Muskulatur ganz frei von Bindegewebsveränderungen. Die meisten longitudinal verlaufenden Fasern sind ganz linear gestreckt und stark verdünnt, die in mehr spitzen oder stumpfen Winkeln radiär von Fascie zu Fascie verlaufenden findet man jedoch z. T. stark geschlängelt und dadurch verbreitert; man hat besonders an einer Stelle deutlich den Eindruck, dass infolge einer stärkeren Annäherung und Verschiebung zweier Fascien aneinander die dazwischen befindlichen Fasern zusammengepresst werden, wodurch reichlich quere Faltung und Wulstung an ihnen hervortritt. Die Kerne sind dabei sehr oft quer gestellt und liegen dadurch, dass sie auf einen kleinen Raum zusammengedrängt sind, oft in Reihen; dazu sind solche Fasern fibrillär aufgelockert und viel heller gefärbt, als die verdünnten, braun gefärbten, gestreckten Fasern. Letztere sind oft so stark verdünnt und zeigen dies auf den Längsschnitten so allgemein, dass man eine Atrophie dieser Fasern auch auf dem Längsschnitt deutlich erkennt. Nur an ganz vereinzelten Fasern findet sich noch stellenweise grobe Schlängelung. Im übrigen keine Veränderungen. Fett ist nicht nachzuweisen.

Wie oben angekündigt, sollen die folgenden Versuche den Einfluss der vom Nerven abhängigen und durch seine Durchschneidung auszuschaltenden Contractionen auf die Schlängelung feststellen. Es ist daher nur auf diese Rücksicht genommen und auf eine genaue mikroskopische Beschreibung verzichtet worden. Die sonstigen Veränderungen sind eine Combination

der im vorhergehenden und in der Arbeit von Ricker und Ellenbeck[1]) über die Folgen der Nervendurchschneidung für den Muskel festgestellten.

Protokoll 37.

12. VII. Tenotomie und Resection der rechten Achillessehne, Resection eines Stückes von 1 cm Länge aus dem N. ischiadicus derselben Seite.

16. VII. Gestorben, 4 Tage nach der Operation. Todesursache nicht nachgewiesen.

Sectionsbefund: Beide Wunden ohne besondere Veränderungen. Sehr grosser Sehnendefekt; die etwas trübe Flexorfascie liegt im Grunde der Wunde. Eine eigentliche Verbindung besteht nicht. Das obere Sehnenende ist mit der Haut verwachsen, von da aus zieht abwärts ein sehr dünner Strang subcutanen Fett- und Bindegewebes zum 4 mm langen peripheren Sehnenstumpf. Der Strang ist nicht künstlich geschaffen, sondern folgt ohne weiteres dem präparirenden Messer; er ist hyperämisch.

Der operirte Muskel ist etwas blutreicher, feuchter und weicher und weist einige seichte Quertäler auf.

Die Wägung ergiebt für beide 6,5 g.

Mikroskopischer Befund.

Von den Muskelfasern verlaufen nur einige grob geschlängelt, die überwiegende Mehrzahl dagegen ganz gestreckt.

Protokoll 38.

Kleines Tier, rechts operirt am 8. VII. 99. Sehnen- und Nervenresection.

10. VII. Wunden gut geheilt. Fuss in Plantarflexion.

23. VII. Tod durch Nackenschlag, 14 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Der Muskelbauch endet 5 cm oberhalb des Tuber calcis. 4 cm entfallen auf die neue Sehne, 1 cm auf die stehengebliebenen Stümpfe. Vom Tuber calcis an nach aufwärts strahlen bindegewebige und fasciculäre Stränge wie

[1]) Ricker und Ellenbeck, Beiträge zur Kenntnis der Veränderungen des Muskels nach der Durchschneidung seines Nerven, Virchows Archiv, 158. Band, 1899.

Lamellen in die Haut aus. Die Haut ist vom Tuber an aufsteigend ödematös; die grossen Venen sind prall gefüllt, der Muskel ist deutlich blutreicher.

Die Wägung ergiebt für den linken Muskel 7,45, für den rechten 5,65, für letzteren also einen Gewichtsverlust von 21,16 %.

Mikroskopischer Befund.

Die längsgetroffenen Muskelfasern sind ganz grob geschlängelt. Bei starker Vergrösserung sieht man von einer feinen Schlängelung der Fibrillen nirgends etwas.

Protokoll 39.

Am 22. VII. 99. rechts operirt. Aus N. ischiadicus und Achillessehne 1 cm resecirt.

13. VIII. Starker Decubitus am Tuber calcis des operirten Beines.

22. VIII. Durch Nackenschlag getötet, 30 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Ziemlich starkes Oedem und starker Blutreichtum des operirten Beines, sowohl der Haut, wie der Muskulatur. Es bestehen Verwachsungen mässigen Grades oberhalb des Tuber calcis. Der operirte Muskel ist deutlich ca. 1 cm kürzer als der normale. Dem proximalen Sehnenstumpf entspricht eine ziemlich derbe fibröse Schwellung. Die von aussen sichtbare Muskulatur ist deutlich verkürzt.

Die Wägung ergiebt für den linken Muskel 7,30, für den rechten 6,65, für letzteren also einen Gewichtsverlust von 10,27 %.

Mikroskopischer Befund.

Auf dem Querschnitt durch den operirten Muskel zeigen sich einige Schrägschnitte und Längsschnitte von Fasern grob geschlängelt, das heisst, die Schlängelung betrifft die ganze Faser als solche, die Fibrillen verlaufen den Conturen der Faser parallel. An einer anderen Stelle des Querschnitts durch den Muskel sieht man hauptsächlich Längsschnitte von Fasern, von denen einige leicht S-förmig verlaufen. An sämtlichen Längsschnitten sieht man ebenfalls ausschliesslich die ganz grobe Schlängelung an einer Anzahl der verdünnten Muskelfasern.

Protokoll 40.

Kräftiges Tier, operirt am 27. VII. Rechts wird ein 1 cm langes Stück aus der Continuität des N. ischiadicus resecirt, gleichzeitig die Sehne in der gewöhnlichen Weise resecirt.

2. VIII. Wunden gut geheilt, es besteht eine starke ödematöse Schwellung des Unterschenkels. Oberschenkel abducirt, Fuss in Plantarflexion.

1. IX. Tod durch Nackenschlag, 35 Tage nach der Operation.

Sectionsbefund: Die Fascien des operirten Muskels sind vielfach milchig getrübt; er ist 0,75 cm kürzer, als der intacte Muskel. Die Sehne ist stark verdickt, der Muskel extrem verdünnt.

Die Wägung ergiebt für den linken Muskel 12,95, für den rechten 7,8, für letzteren also einen Gewichtsverlust von 40 %.

Mikroskopischer Befund.

Man sieht nur eine ganz grobe Schlängelung einer Anzahl von Fasern, feine Schlängelung der Fibrillen wird völlig vermisst.

Es sollen nun im Folgenden die Veränderungen am Muskel nach der Tenectomie, die sich im Verlauf der Experimente ergeben haben, zusammengestellt und zunächst mit den Ergebnissen begonnen werden, die sich bei der gröberen Untersuchung des tenectomirten Muskels am lebenden und toten Tier herausstellten; die Veränderungen, die sich bei der mikroskopischen Untersuchung ergaben, werden dann der Gegenstand einer besonderen Besprechung sein.

Die Retraction des proximalen Sehnenstumpfes betrug bei den meisten Tieren im Durchschnitt 5 mm; um den Einfluss der Entspannung auf den Muskel möglichst prägnant darzustellen, wurden die fascialen Teile eingekerbt und dadurch meist eine Zunahme von mehreren Millimetern, doch nie über 5 mm erzielt. In der grossen Mehrzahl der Fälle ergab sich später bei der Autopsie, dass die Sehnenmuskelgrenze höher lag, als man der bei der Operation selbst stattgehabten, der primären Retraction, nach erwarten konnte, dieser Unterschied war zuweilen

recht beträchtlich und betrug bis zu 1 cm; um dieses Mass hatte sich also der Muskel in seiner Längsaxe seit der Operation weiter verkürzt. Es findet also ausser der primären noch eine secundäre Retraction statt, die zum Teil, und wohl vor allem in der ersten Zeit, auf elastische Nachwirkung, zum Teil, wie wir sehen werden, auf Contractionen des tenotomirten Muskels zu beziehen ist.

Die Grösse der primären und secundären Retraction zusammen geben das Mass für die endgiltige Verlängerung der Sehne ab, und zwar der relativen Verlängerung derselben, von der die absolute Verlängerung des Muskelsehnenpräparates zu unterscheiden. In den weitaus meisten Fällen nämlich, ausgenommen da, wo starke Verdickungen der neugebildeten Sehne infolge von Störungen der Wundheilung bestanden, sah man nach der Herausnahme den operirten Muskel (also Muskelsubstanz + Sehnenstümpfe + Interpolationsgewebe) länger, als den intacten; dies tritt erst bei dem aus dem Cadaver herausgenommen Muskel auf, und ist nichts anderes, als der Ausdruck der Spannungsunterschiede im normalen und tenotomirten Muskel. Selbst nach langen Zeiträumen, 170 und 240 Tage nach der Tenotomie, wurde diese absolute Verlängerung gemessen, und es erhellt daraus, dass der tenotomirte Muskel bis dahin nicht wieder dieselbe Spannung erhalten hatte, die er vor der Tenotomie besass.

Funktionsstörungen als Folge der Operation konnten nicht gut gesehen werden, da ja einerseits andere Muskelgruppen (so der M. flexor digitorum pedis communis, der unter dem M. triceps surae und plantaris gelegen ist) die Funktion der durch die Tenotomie einstweilen unbrauchbar gewordenen Muskeln übernahmen, andererseits bei der einfachen hüpfenden Gangart der Tiere feiner nuancirte

Funktionsstörungen nicht recht auffallen. Nur in wenigen Fällen wurde demnach ein leichtes Nachschleppen des operirten Beines bemerklich, deutlicher traten einige andere Befunde hervor. Hob man nämlich die operirten Tiere bei den Ohren vom Boden auf und liess sie so frei in der Luft schweben, so konnte man sich zunächst davon überzeugen, dass die passive Beweglichkeit des operirten Fusses bedeutend leichter war, als auf der intacten Seite, wo eine leichte physiologische Rigidität bestand. Ferner wurde der operirte Fuss beständig in leichter Dorsalflexion gehalten, ein Ausdruck der behinderten aktiven Streckung und eines Ueberwiegens der Beugemuskeln des Fusses. Auffallend war bei dieser Art der Betrachtung schliesslich eine ausgesprochene Plantarflexion der Zehen, die zuweilen direkt krallenartig gebeugt waren, ein Beweis dafür, dass der Flexor digitorum pedis longus die Funktion des Plantaris nicht nur, sondern auch des Triceps surae teilweise übernommen hat und jetzt für sich als Antagonist der Streckmuskeln wirkt; dabei ist sein Tonus als verstärkt anzunehmen, so dass infolge seines Ansatzes an den Zehen diese in der Ruhestellung der Extremität leicht plantarflectirt sind.

Bei der zu verschiedenen Zeiten vorgenommenen Sektion ergab sich ausser den schon erwähnten Befunden (Verkürzung des Muskelbauches in seiner Längsaxe, entsprechende relative Verlängerung der Sehne) eine Formänderung der Muskelsubstanz im groben: der Verkürzung der Längsaxe entsprach eine Verbreiterung in den Quermessern, die um so deutlicher war, je ausgiebiger der Muskel sich retrahirt hatte; bei sehr kräftigen Muskeln war dies selbst längere Zeit nach der Operation noch besonders deutlich. Infolgedessen nahm der Muskel eine gedrungene, plumpe Form an und ging nicht

allmählich, wie der normale, sondern mehr unvermittelt in seine Sehne über; er fühlte sich dabei oft verhärtet an. Die Vergrösserung der Quermesser betraf in vielen Fällen besonders den sagittalen, und diesem Befunde entsprach demnach eine Aenderung im Relief der Hinterfläche des Muskels. In der Mitte sprang nämlich ein starker Buckel vor, zu beiden Seiten desselben befand sich je ein Längstal. Es ist dies durch ein ergiebigeres Zusammenschnurren der selbständigen Plantarismuskulatur verursacht; diese Deutung des Befundes wurde einerseits oft durch die besonders starke Verdichtung und Verhärtung der dem Plantaris entsprechenden Partie auf dem Querschnitt des operirten Muskels gestützt, und andrerseits das weitere Zurückweichen der Plantarissehne bei der Tenotomie des öfteren beobachtet.

In den meisten Fällen war der tenotomirte Muskel blässer als der andere. Diesem verringerten Blutgehalt geht eine unmittelbar nach der Operation auftretende reflectorische Hyperämie voraus, die an einem 9 Stunden nach der Tenotomie getöteten Tiere deutlich beobachtet wurde und hier sogar eine Gewichtszunahme bewirkte. Die eben erwähnte Verhärtung des Muskels konnte schon makroskopisch als ein Hindernis für die Circulation zur Erklärung der Blässe dienen; indessen wurde dies erst durch die mikroskopische Untersuchung klar erkannt, desgleichen die Ursache des späteren Schwindens der Blässe; beides soll daher erst später erörtet werden. Wo sie vorhanden war, musste sie ihren allerdings nicht abzuschätzenden Teil zur Verringerung des Gewichtes beitragen.

Wesentlich ist diese jedoch als der Ausdruck der Atrophie der Muskulatur nach der Tenotomie anzusehen.

Diese Atrophie des Muskels möchten wir nicht mit der Bezeichnung „Inaktivitätsatrophie“ als

erklärt betrachten. Zwar sind wir nicht im Stande, alle die den Parenchymverlust herbeiführenden Faktoren zu nennen, die auf einen ausser Thätigkeit gesetzten Muskel einwirken, aber in unserem Falle kennen wir wenigsten einen, die eben erwähnte verringerte Blutzufuhr; sie macht uns die Herabsetzung des Stoffwechsels und besonders den fehlenden Ersatz verbrauchter Stoffe wenigstens bis zu einem gewissen Grade verständlich. — Umgekehrt tritt in den Flexor das in den Unterschenkel strömende Blut im Uebermass ein, und ermöglicht seine oben nachgewiesene erhöhte Tätigkeit.

Die durch die Wägungen erhaltene Zahlenreihe weist sehr viele und bedeutende Abweichungen von dem gleichmässigen Gange auf, in der die vom einzelnen Tier gewonnen gedachte ideale Curve die Abhängigkeit des Gewichtes vom Grade der Schädigung in den verschiedenen Zeiten ausdrücken würde. Es darf das nicht Wunder nehmen; zum Verständnis genügt es an folgende Punkte zu erinnern.

Zunächst wurden die fascialen Teile nicht immer in gleichem Masse exstirpirt, öfters stellten sich bei der Operation Blutungen ein, so dass dann vorsichtiger vorgegangen wurde, auch war bei einigen, besonders den älteren Tieren das fasciale Gewebe der Umgebung des Triceps stärker ausgebildet und fixirte den Muskel in höherem Grade, als dies für gewöhnlich der Fall war; bei der Operation zeigte sich dies dann dadurch, dass eine geringere und verlangsamte Retraction des Muskels stattfand.

Es liegt ausserdem auf der Hand, dass in allen Fällen von Störungen der Wundheilungen, die z. Teil in Oedem, Verdickung der Sehne auf das dreifache des normalen, Induration und Vermehrung des Bindegewebes bestanden, diese Veränderungen ihrerseits das Gewicht beeinflussten und zwar in sehr wechselndem Masse.

Protokoll 18 z. B. enthält die Angaben über ein Tier, bei dem mikroskopisch in den untern zwei Dritteln des tenotomirten Muskels starke interstitielle Veränderungen nachgewiesen wurden, die auch mit der intra vitam beobachteten Störung der Wundheilung in Einklang stehen, ein gutes Beispiel dafür, dass eben infolge dieser interstitiellen Complikationen und der dadurch bedingten schweren Form der Atrophie in einem grösseren Abschnitt des Muskels der procentuale Gewichtsverlust unverhältnismässig hoch wurde (49,06 %). Es wurde 38 Tage nach der Operation getötet, ein anderes zur selben Zeit getötetes Tier (Protokoll 17) wies nur 26,06 % Gewichtsverlust auf, hier fehlten auch diese interstitiellen Veränderungen völlig.

Schliesslich muss man auch die Verschiedenheit des zur Verwendung gekommenen Tiermateriales in Betracht ziehen. Operirt man z. B. ganz junge Tiere (und es mussten einmal aus Mangel an anderem Material auch kleine Tiere, die 4 Wochen alt waren, benutzt werden) so misst man bei der Section in dem Gewichtsverlust nicht nur das, was der tenotomirte Muskel eingebüsst hat, sondern auch das, was der noch in lebhaftem Wachstum begriffene intacte Muskel zugenommen hat, demzufolge erhält man für den procentualen Gewichtsverlust sehr hohe Werte, wie dies z. B. der Fall ist bei den in Protokoll 14, 23, 35 erwähnten Tieren, die 55 %, 46 % und 49 % Gewichtsverlust aufweisen. Ersteres wurde nach 23 Tagen getötet, ein anderes nach derselben Zeit getötetes ausgewachsenes Tier ergab nur 30 % Gewichtsverlust.

Den aus den obigen Protokollen zusammengestellten Zahlen seien noch diesbezügliche Angaben aus der Litteratur vorangestellt. Krauss fand 1888

für den procentischen Gewichtsverlust nach der Tenotomie folgende Werte:

Tage nach der Tenotomie:	Gewichtsverlust in %:
8 bis 15	13,2 bis 18,0
15 „ 40	7,5 „ 45,0
40 „ 80	35,6 „ 51,4
nach 5 bis 7 Monaten	43,4 und 42,0.

Ricker fand 1893:

Tage nach der Tenotomie:	Gewichtsverlust in %:
10	16,0
10	18,9
12	40,5

Aus den oben mitgeteilten Protokollen konnten folgende Zahlen ausgezogen werden.

Tage nach der Tenotomie	Gewichtsverlust in %	Durchschnittszahlen
3	1,80	
7	8,86	
7	13,50	11,07
8	15,47	
9	15,74	
22	25,00	
23	30,92	
23	55,64	33,94
26	24,20	
37	26,06	37,56
38	49,06	
43	31,42	
44	39,13	
46	28,26	33,87
48	36,66	
50	46,56	39,71
61	32,89	

Tage nach der Tenotomie		Gewichtsverlust in %	Durchschnittszahlen
62	Triceps surae	47,00	38,17
	„ brachii	35,00	
66		40,705	
68	Triceps surae	26,80	
	„ brachii	45,45	
71		37,36	36,73
75		36,09	
82		41,40	30,63
83	Triceps surae	23,88	
	„ brachii	38,82	
86		21,17	
89		36,09	
173	Triceps surae	17,50	27,78
	„ brachii	6,10	
174		49,44	
243		27,80	

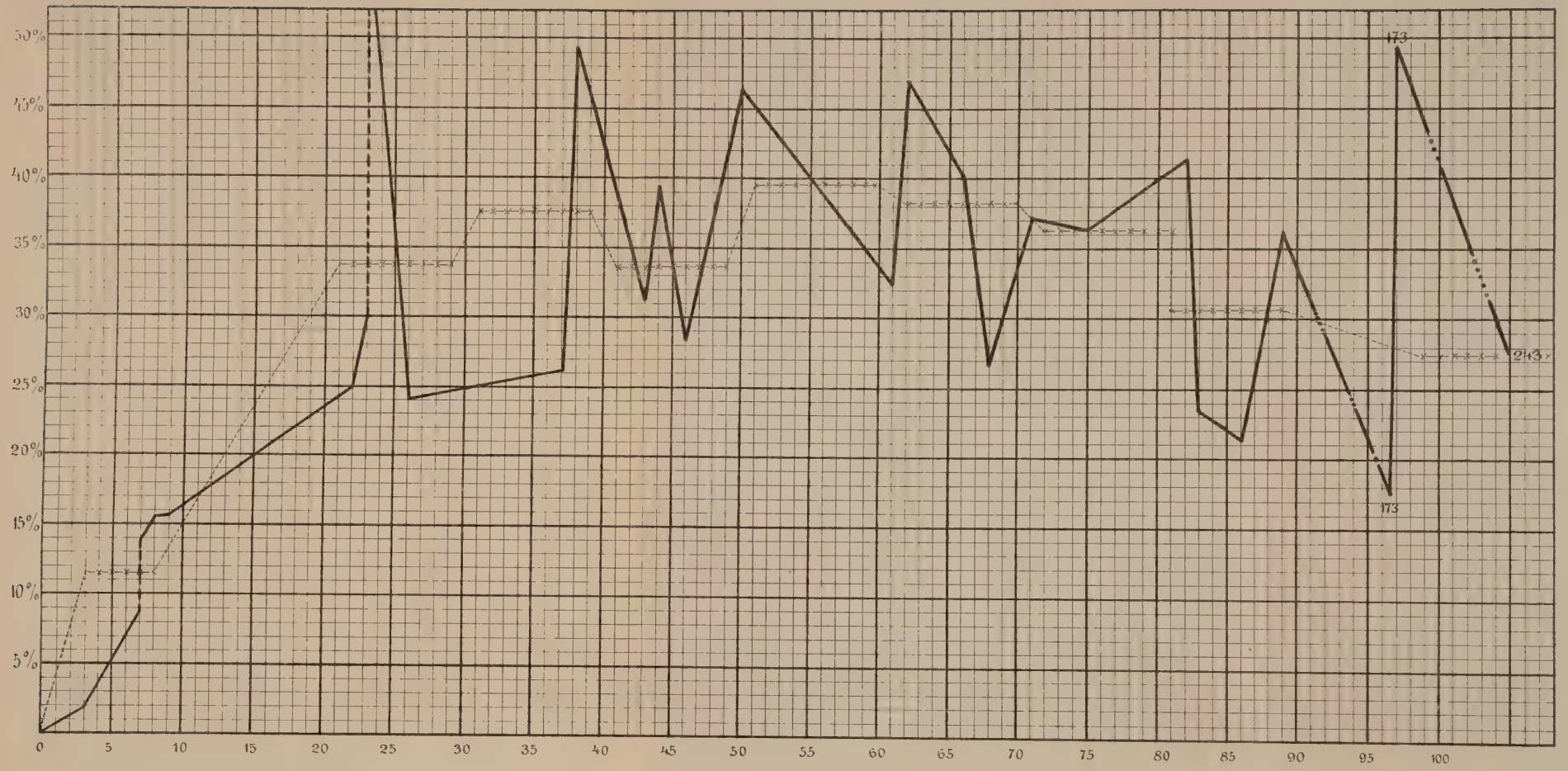
Zieht man aus dieser grösseren Zahl von Beobachtungen die Mittelwerte, so ergeben sich für die ersten 10 Tage 11,07 %, vom 20. bis 30. Tag 33,94 %, vom 30.—40. Tag 37,56 %, vom 40.—50. Tag 33,87 %, vom 50.—60. Tag 39,71, vom 60.—70. Tag 38,17 %, vom 70.—80. Tag 36,73 %, vom 80.—90. Tag 30,63 %, der Durchschnitt der späteren Beobachtungen von 173, 174 und 240 Tagen nach der Tenectomie ergiebt 31,20 % Gewichtsverlust.

Aus diesen je aus einer Gruppe von Einzelbeobachtungen für einen bestimmten Zeitraum nach der Tenectomie gewonnenen Durchschnittszahlen ergiebt sich, dass der procentische Gewichtsverlust im Anfang rasch ansteigt, sich einen längeren Zeitraum hindurch ungefähr auf einer konstanten Höhe hält, um die Zeit von 50—60 Tagen nach der Operation ein Maximum von 39,71 % erreicht und dann allmählich wieder abfällt. 8 Monate nach der

Operation bestand noch ein Gewichtsverlust von 27,8 %, dem 6 Monate vorher noch ein aus 2 Beobachtungen berechneter Durchschnittswert von 33 % entspricht. In der Zeit von 90—240 Tagen nach der Tenotomie ist demnach der Gewichtsverlust nahezu konstant geblieben, und es ist anzunehmen, dass auch spätere Beobachtungen nicht weit unter 27 % liegende Werte ergeben hätten, dass also dies dann der dauernde Gewichtsunterschied zwischen normalem und tenotomirtem Muskel ist.

Die beigefügte Curve giebt ein anschauliches Bild für die Einzelbeobachtung und die Durchschnittszahlen ab. In die Abscisse ist die Anzahl der Tage nach der Tenotomie, in die Ordinate der dann gefundene Gewichtsverlust in Procenten eingetragen. Die punktirte Linie giebt die von 10 zu 10 Tagen berechneten Durchschnittszahlen an.

Schon bei der Betrachtung im groben fiel auf, dass nicht alle Partieen des Triceps surae in gleichem Masse der Atrophie anheimfielen, dass dieselbe vielmehr z. B. im Soleus dem Volumen nach oft enorm hohe Grade erreichte, während sie im übrigen nicht so auffallend war. Um einen bessern Ueberblick über diese zunächst nur vereinzelt und zufällig gemachten Befunde zu gewinnen, wurden von 10 Tieren die einzelnen Portionen gewogen. Der Soleus wurde frei präparirt und Bündel für Bündel von seiner breiten aponeurotischen Insertion oberhalb des eigentlichen Tendo Achillis (siehe die anatomischen Notizen) abgetrennt, hiernach der Plantaris am Uebergang in seine Sehne abgeschnitten, der übrige Rest (die beiden Köpfe des Gastrocnemius) mit der Sehne im Zusammenhang belassen. Es ergab sich als ein ganz konstanter Befund, dass beim Soleus die Atrophie unverhältnissmässig hoch war, geringer beim Plantaris,



Die ausgezogene Curve zeigt die Werte der Einzelbeobachtungen an, die gestrichelte die Durchschnittszahlen von 10 zu 10 Tagen.

am geringsten beim Gastrocnemius. Die betreffenden Zahlen sind im folgenden zu einer Tabelle zusammengestellt.

Tage nach der Tenectomie	Wert des % Gewichtsverlustes für den Soleus	Plantaris	Rest
23	80,00	52,38	54,17
43	71,42	5,73	33,82
61	59,39	32,88	26,28
66	80,74	35,10	39,00
71	80,64	41,33	31,93
75	71,43	41,55	28,48
83	68,42	7,14	14,07
86	46,72	26,27	18,21
89	75,49	34,14	37,55
243	66,66	19,00	33,33

Zum Verständnis dieser auffällig viel stärkeren Atrophie des Soleus ist daran zu erinnern, dass dieser Muskel besonders einfach gebaut ist; seine Fasern inseriren nur an zwei nach ihrem Ursprung an der Fibula proximalwärts spitzwinklig convergirenden Fascien, die sich ihrerseits durch Vermittelung der Aussenfascie des Gastrocnemius lateralis in die Achillessehne fortsetzen; demgemäss ist schon unmittelbar nach der Tenotomie die Entspannung des Soleus sehr ergiebig und vollständig, was bei dem nach dem Typus der gefiederten Muskeln gebauten Plantaris und Gastrocnemius nicht so der Fall ist. Berücksichtigt man ferner, dass gerade in der nächsten Umgebung der Sehne dort, wo ja auch Ernährungsgefässe der angrenzenden Muskelpartieen mit durchtrennt sind, eine Atrophie makroskopisch sowohl als mikroskopisch besonders ausgesprochen zu sein pflegt, zieht man schliesslich in Betracht, das interstitielle Veränderungen die, wenn vorhanden, die untern

Drittel des Muskels betreffen und sich von dort aus bündelweise in die höheren Partieen fortsetzen, im ganz einfach gebauten, durch keine weiteren Fasciensysteme unterbrochenen Soleus den geringsten Widerstand finden und tatsächlich in ihm gerade besonders häufig und am stärksten gefunden sind — so wird man die hohen Zahlen, die den procentualen Gewichtsverlust des Soleus illustriren, verständlich finden. Beim Plantaris dagegen sind die durchschnittlich höheren Werte des procentualen Gewichtsverlustes auf seine oft beobachtete stärkere Verdichtung und die davon abhängige stärkere Herabsetzung der Blutzufuhr zu beziehen, die wieder eine Folge seiner schon an anderer Stelle erwähnten besonders ergiebigen Retraction ist.

Nachdem alles, was sich durch die äussere Betrachtung am tenotomirten Muskel ergab, im Zusammenhang besprochen wurde, sollen im Folgenden die Ergebnisse der mikroskopischen Untersuchung erörtert werden.

Im Mikroskop erkennt man Veränderungen, die als wesentliche Folge der Tenotomie, und solche, die als mehr oder weniger häufige und ausgedehnte Complicationen derselben anzusehen sind. In Hinblick auf die Reichhaltigkeit des den protokollarischen Notizen zu Grunde liegenden Tiermaterials kann diese Grenze mit Recht scharf gezogen werden. Die in erstere Kategorie zu rubricirenden Befunde sollen zunächst besprochen werden.

Bedeutende Verschiedenheiten ergaben sich im tenotomirten Muskel in Bezug auf die Regelmässigkeit des Bündelgefüges und die Structur der Bündel,

und zwar wurden nur in 8 Fällen überhaupt keine Abweichungen von der Norm gefunden (Protokoll 4, 5, 13, 26, 30, 33, 34). In den Fällen, wo ein irgend beträchtliches Oedem vorhanden war, wurde eine entsprechende Auflockerung des Bündelgefüges beobachtet, die Interstitien waren unregelmässig verbreitert, auch das Bündelinnere zuweilen so stark gelockert, dass die einzelnen Fasern in oft ihren eigenen Querschnitt an Grösse übertreffenden Abständen von einander lagen. Wo solche Verhältnisse vorlagen, und besonders wenn zugleich eine beträchtliche Atrophie der Muskelfasern gesehen wurde, trat diese intrafasciculäre Auflockerung dann stellenweise so markant hervor, dass die Bündeleinteilung ganz verloren ging (cf. Protokoll 21, 39).

Andererseits kann nun auch die oft zu beobachtende Verdichtung des Bündelgefüges der Muskulatur zuweilen in ausgedehnteren Partieen der Querschnitte so bedeutend sein, dass durch enge Anlagerung der Bündel an einander und völligen Schwund der Interstitien die Bündeleinteilung unkenntlich wird. So stark sind die Verdichtungserscheinungen in den Querschnittspräparaten allerdings nur stellenweise (cf. Protokolle 1, 6, 20, 35), in geringerem Grade ausgeprägt sind sie jedoch sehr häufige Befunde. Eben dadurch, dass in vielen Fällen Verdichtung und Auflockerung des Bündelgefüges sowohl als der Bündel selbst sich in mannigfachen zuweilen jähem Wechsel kombiniren, bekommen die Querschnittsbilder tenotomirter Muskeln ein sehr unregelmässiges Aussehen.

Im allgemeinen überwiegen jedoch die Verdichtungserscheinungen. In über der Hälfte der Fälle konnte in den Präparaten Verdichtung des Bündelgefüges, stellenweise bis zu starker Ver-

schmälerung, ja völligem Schwinden der Bündelinterstitien, sehr oft auch Verdichtung im Innern der Bündel selbst, beobachtet werden. In letzteren Fällen lagen die meist verbreiterten und geschlängelten Fasern eng aneinander gedrängt, die zarten Lücken im Innern der Bündel, die im normalen Muskel meist zu sehen sind und oft durch grosse Regelmässigkeit ihrer Anordnung ein zierliches Mosaik bilden, waren dann ganz geschwunden, Faser lag an Faser gepresst, die dazwischen befindlichen Capillaren waren der Verdichtung entsprechend comprimirt.

Dass in einen so verdichteten Muskel weniger Blut einfliessen kann und damit die Herabsetzung in seiner Ernährung gegeben ist, auf die wir wesentlich den beobachteten Gewichtsverlust zurückführen, versteht sich gegenüber so prägnanten mikroskopischen Bildern von selbst.

Nicht allein in den Dichtigkeitsverhältnissen des Bündelgefüges und der Bündel selbst zeigt sich der Einfluss der Entspannung, auch durch eine Aenderung der Bündelform tritt er zuweilen deutlich hervor. Die Querschnitte der Bündel haben nämlich im normalen Muskel (vor allem in den centralen Teilen eines durch den ganzen Muskel geführten Querschnittes, in den peripheren Teilen sind die Bündelquerschnittsformen mehr unregelmässig) meist langgestreckt spindelige oder polygonale Gestalt, demgemäss stossen die Interstitien in scharfen, oft spitzen Winkeln zusammen. Es ist dies ein Ausdruck der Spannung, unter der der normale Muskel steht: zwischen den in der ganzen Circumferenz des Muskels fächerartig sich verteilenden Fascien, die als direkte Fortsetzungen der Sehne aufzufassen sind, liegen die Muskelbündel in Form von Lamellen gewissermassen verpackt, die längsten Durch-

messer ihrer Querschnitte sind daher den Ebenen der Fascien, zwischen denen sie liegen, parallel gerichtet. Die hier in groben Zügen skizzirten Verhältnisse lassen sich vor allem gut beobachten durch den Contrast, der an den Bündeln des tenotomirten Muskels in Bezug auf ihre Gestalt vornehmlich auf Querschnitten hervortritt.

Hier sieht man statt der langgestreckt spindeligen oder polygonalen Gestalt mehr rundliche, oft der Kreisform sich nähernde Bündelquerschnitte mit annähernd gleicher Grösse aller Durchmesser. Die durch den Sehnenschnitt entspannten und vielfach in gröbere Falten gelegten Fasciensysteme üben keinen Druck mehr auf die Bündel aus, dieselben nähern sich infolgedessen der cylindrischen Form, ein Befund, dem im groben die Verbreiterung und gedrungene Form des Muskelbauches entspricht. In gleicher Weise sind die einzelnen Fasern, die ebenfalls durch Annäherung ihrer Insertionspunkte entspannt sind, verändert, ihre Conturen sind, wie die der Fasern, abgerundet, die Bündelinterstitien stossen demzufolge nicht mehr in spitzen Winkeln zusammen, sondern verlaufen unregelmässig gekrümmt. In 12 Fällen konnte diese Aenderung der Bündelquerschnittsbilder im tenotomirten Muskel, die unmittelbar auf Rechnung der Entspannung durch die Operation zu setzen ist, deutlich beobachtet werden (entsprechende Angaben finden sich in den Protokollen 3, 6, 7, 11, 14, 20, 24, 25, 26, 33, 37, 38).

Es erübrigt nun noch, die Besprechung der lediglich auf die Entspannung des Muskels durch die Tenotomie zu beziehenden mikroskopischen Befunde durch das zu vervollständigen, was in dieser Beziehung an den einzelnen Fasern beobachtet werden konnte.

Bei der Methode, den Gewichtsverlust durch Wägung zu bestimmen, mussten natürlich die beiden Muskeln unmittelbar nach dem Tod des Tieres möglichst rasch aus dem Kadaver herausgenommen werden, während es für die mikroskopische Untersuchung besser gewesen wäre, sie in situ zu belassen und so zu härten. Da ja der nicht operirte Muskel nach seiner Trennung vom Tuber calcis sich ganz kräftig — ähnlich wie bei der Tenotomie — retrahirt, so kann es nicht Wunder nehmen, dass auch an diesem in einigen Fällen mikroskopisch Entspannungserscheinungen zum Ausdruck kamen. In ähnlicher Weise wirkte die Formolhärtung vor allem dann, wenn es sich um recht grosse und kräftige Muskeln handelte und so dem Eindringen der Härtungsflüssigkeit in diese grösseren Objekte Schwierigkeiten entgegenstanden; die Härtung erfolgte dann ungleichmässig und, so lange das Formol noch nicht überall eingedrungen war, konnten in dem sich selbst überlassenen Muskel noch durch veränderte Spannungsverhältnisse bedingte Verschiebungen seines Gefüges vor sich gehen. Immerhin war die hierdurch bedingte Schlängelung der Muskelfasern von der im tenotomirten Muskel sowohl der Ausdehnung, als dem Grade nach und in ihrem nach Fasern und Bündeln gleichmässigen Charakter so verschieden, dass man mikroskopisch die betreffenden Präparate sofort unterscheiden konnte. Im übrigen wurden solche analogen Veränderungen im intacten Muskel auch nur selten beobachtet, nur in 6 Präparaten (5, 6, 24, 26, 28, 29) sind sie notirt.

Der Einfluss der Entspannung durch die Tenotomie zeigte sich an den einzelnen Fasern durch ihre Schlängelung und die davon abhängige Verbreiterung. Die verschiedenen Formen der

Schlängelung sollen zunächst besprochen und die in den Protokollen dafür angewandten Ausdrücke erläutert werden.

Im allgemeinen wurden grobe und feine Schlängelung unterschieden, je nachdem man über die Beschaffenheit derselben schon durch die schwache oder erst durch die starke Vergrösserung orientirt wurde; diese Art der Einteilung ist folgendermassen zu verstehen.

Sind im intacten Muskel in der Mehrzahl der Fälle die Fasern linear gestreckt, so verlaufen sie im tenotomirten in Wellenlinien; die Wellenlänge ist je nach dem Grade der Entspannung verschieden, sie kann das 10fache des Faserdurchmessers und mehr betragen dort, wo die Entspannung (also die Annäherung der Faserinsertionspunkte) nur ganz gering ist. In solchen Fällen nun kann man, wenn man die Fasern mit starker Vergrösserung, also gleichsam in kleine den Gesichtsfeldern entsprechende Stücke zerlegt, betrachtet, garnicht sehen, dass sie geschlängelt verlaufen, man sieht dies nur mit schwacher Vergrösserung, — diese Art der Schlängelung ist die „grobe“ genannte, eine Bezeichnung, die etwa bis zu den Formen hinab angewendet wurde, bei denen die Wellenlänge noch mindestens 3 Faserbreiten betrug. Daneben wurde noch die Bezeichnung „Intensität der Schlängelung“ angewendet, die sich auf die Amplitude der von der Faseraxe beschriebenen Wellenlinie bezog, je grösser also diese, um so intensiver wurde die Schlängelung genannt.

Betrug die Wellenlänge nur noch 1 bis $1^1/_2$ Faserbreiten, so wurde bereits die Bezeichnung „feine Schlängelung“ der Fasern gebraucht; da die

Schlängelung in solchem Falle aber noch die ganze Faser als solche betraf, d. h. Fibrillen und Faserconturen immer dieselben Phasen wiederholten, wurde dies „parallelphasige Form der Fibrillenschlängelung", auch „feine parallele Wellung der Fibrillen", genannt, im Gegensatz zu den viel feineren Formen der Schlängelung der Fasern, die einen Unterschied in der Schlängelung der Fibrillen und der Beteiligung des ganzen Faserconturs erkennen liessen.

In solchen Fällen passte die Bezeichnung „Schlängelung" zwar für die einzelnen Fibrillen, für die Faser in toto aber weniger, da sie im groben betrachtet vielmehr gestreckt verlief. In vielen derartigen Fällen konnte die Bezeichnung „feine Querfaltung" oder „Querwulstung" der Faser das Bild, das sie in toto bot, besser veranschaulichen; dazu wies dann die starke Vergrösserung an den einzelnen Fibrillen eine feinste Schlängelung derselben von ausserordentlich geringer Wellenlänge, die zumeist nur 2 bis 3 μ betrug, nach. Immerhin konnte die Amplitude dieser von den Fibrillen beschriebenen Wellenlinien ziemlich bedeutend sein und die Wellenlänge um ein vielfaches übertreffen, so dass die oft sehr zarten Querlücken im Verlauf einer solchen Faser durch Verschwinden der Fibrillen aus der Schnittebene infolge solcher steilen Amplitude zu erklären sind. In den meisten Fällen war mit dieser feinsten Schlängelung der Fasern (besser also Querfaltung oder Querwulstung genannt, indessen wurde der Einheit wegen auch für diese Formen an der Bezeichnung „feine Schlängelung" festgehalten) eine starke Verbreiterung derselben verbunden, so dass hierdurch die zarten Zacken und Vorbuchtungen der Seitenconturen, die anderwärts der

Ausdruck solcher Querfaltung der Fasern waren, verwischt wurden.

In vielen Fällen war zugleich auch die fibrilläre Zeichnung dieser Fasern undeutlich, dann sah man als einzigen Ausdruck der feinsten Schlängelung im eben erörterten Sinne verwaschene helle und dunkle Bänder mit einander alternirend über die Breite der Faser hinziehen, wobei die Querstreifung oft eine durch die veränderte Lage der Fibrillen ganz abnorme Richtung erhalten hatte, zuweilen der Gesammtfaserlängsaxe direct parallel lief. Diese hellen und dunklen Bänder verschoben sich bei der Einstellung mit der Mikrometerschraube und erwiesen sich dadurch als Ausdruck von Niveaudifferenzen im durchfallenden Lichte, das je nach der Richtung der Fibrillen verschieden gebrochen wurde, woher eben der scheinbare Ortswechsel dieser bandartigen Querzeichnung der Fasern in verschiedenen optischen Ebenen. Dieser Typus der feinen Schlängelung der Fasern ist sehr häufig vertreten, wo er stark ausgeprägt ist und man deutlich den Eindruck einer feinen Querfaltung und Querwulstung der Fasern hat, kommen Formen zu Stande, zu deren besserer Veranschaulichung man den Vergleich mit einem in einzelnen Abschnitten ungleich stark zusammengedrückten Auszug einer Ziehharmonika machen könnte. Gerade bei solchen Fasern sind die Kerne oft direct quer zur Längsaxe gestellt, wodurch das Bild solcher feinen Querfaltung noch verdeutlicht wird.

Liegt solchen Bildern immerhin noch eine gewisse regelmässige Wiederholung der Phasen zu Grunde, so kann man doch oft genug auch Bilder sehen, wo die feine Schlängelung der Fasern ein ganz ungeordnetes Gepräge hat; die Faserkonturen selbst verlaufen bald gestreckt, bald grob geschlängelt, zu-

weilen zeigen sie leichte Ausbuchtungen dort, wo die Schlängelung der Fibrillen besonders stark ist, hier sind sie dann stärker verbreitet, womit oft eine fibrilläre Auflockerung verbunden ist. Solche Stellen wechseln wieder mit andern, wo die Fasern mehr dünn und satter gefärbt sind, die dicht gefügten Fibrillen höchstens grob geschlängelt, fast gestreckt verlaufen. In den breiteren Partieen der Faser, wo die Fibrillen geschlängelt sind, liegen sie im wirren Durcheinander, in allen Richtungen sieht man sie hinziehen, ja sich zuweilen direct durchkreuzen und durchflechten, auch punktförmige Querschnitte sieht man, wodurch die Fasern an solchen Stellen ein mehr granulirtes Ansehen bekommen. So unregelmässige Befunde, die aber bei stärkeren Graden feiner Schlängelung oft anzutreffen sind, lassen sich natürlich nicht in besondere Rubriken bringen, und es muss auf die einzelnen Notizen in den Protokollen verwiesen werden, wo jedesmal der Typus der Schlängelung genauer beschrieben ist.

Ein auf die Amplitude der Fibrillenschlängelung zu beziehendes und oft beobachtetes Phänomen bedarf noch einer näheren Besprechung. Bei grosser Amplitude der Schlängelung verschwinden nämlich die Fibrillen oft aus der Schnittebene, deren Dicke in den meisten Präparaten 10 μ betrug, demgemäss in den meisten Fällen die oft 20 und μ dicken Muskelfasern selten in ihrem ganzen Durchmesser enthielt, oft waren nur zarte Tangentialschnitte derselben im Mikrotomschnitt enthalten. Man sieht dann solche Fasern von mehr oder weniger dicht gestellten (dies hängt von der Wellenlänge der Schlängelung ab) Lücken durchbrochen, es sieht so aus, als ob die Fasern in viele Scheibchen zerfallen wären. Von dem Auftreten allerfeinster Querlücken im Verlaufe der Fasern bis zur scheinbaren Segmentirung derselben

auf kürzere oder längere Strecken findet man alle Uebergänge, zuweilen durchsetzen diese Lücken den Faserschnitt auch nicht in seiner ganzen Breite, ja man sieht zuweilen nur zarte Einkerbungen der Faserkonturen. Allen diesen Befunden liegt eine und dieselbe Ursache, die Schlängelung der Fibrillen zu Grunde, und es tritt dies Phänomen sofort dann hervor, wenn die Amplitude der einzelnen Schlängelungsphasen die Dicke des angeschnittenen Faserstückes übertrifft. An den Uebergangsformen sowie daran, dass selbst bei ausgesprochenster Scheinsegmentirung der Fasern die einzelnen Segmente am Rande oft durch zarte Fibrillenbrücken in Verbindung stehen, daran schliesslich, dass die Segmente selbst bei starker Vergrösserung abgesehen von der veränderten Richtung der Fibrillen und der Querstreifung völlig normale und deutliche Structurverhältnisse aufweisen: erkennt man, dass dieser Zerfall in Scheibchen und Segmente nur Trug ist. Solche Formen finden sich in den meisten Protokollen in mehr oder weniger grosser Ausdehnung beschrieben.

Die eben besprochenen Haupttypen gehen nun vielfach in einander über. Beachtet man, dass das allen diesen Formen zu Grunde liegende die Schlängelung der einzelnen Fibrillen ist, so erhellt, dass sich alle diese Veränderungen nur graduell unterscheiden und dass die feinsten Formen der Schlängelung einer stärkeren Verkürzung der Faserlängsaxe entsprechen, als die gröberen Formen, was der schon ganz im Groben gemachten Beobachtung, dass sich der Muskel nach der Tenectomie durch secundäre Retraction immer weiter, und zwar beträchtlich, verkürzt, genau entspricht. Im allgemeinen lässt sich im Mikroskop demnach erkennen, dass unmittelbar nach der Tenotomie die grobe Schlängelung der Muskelbündel und Fasern vorherrscht, dass aber

schon nach verhältnissmässig kurzer Zeit feine Schlängelung auftritt und zwar zunächst meist in der Form der parallelen feinen Wellung aller Fibrillen derart, dass eine gleichsinnige Beteiligung der ganzen Faser noch zu erkennen ist; in den späteren Stadien werden die durch die Schlängelung der Fibrillen bedingte Formänderungen der Fasern immer bizarrer und unregelmässiger. Man kann aber nicht sagen, dass zu bestimmten Zeiten nach der Tenotomie ein bestimmter Typus der Schlängelung beobachtet wird.

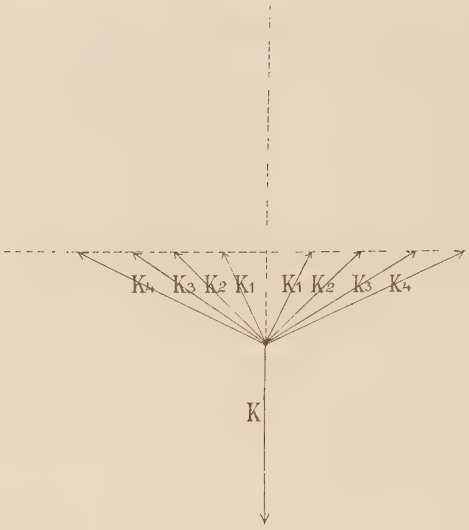
Je feiner die Schlängelung der Fibrillen ist, um so stärker sind die Fasern verbreitert. Die Faserquerschnitte werden hierdurch stark vergrössert und abgerundet und, da auch dies die einzelnen Fasern auf sehr ungleichmässige Weise betrifft, bekommen die Bündel auf dem Querschnitt sehr unregelmässige Conturen, entbehren auch durchaus der scharfen Ecken und Grenzlinien, die für normale Muskulatur charakteristisch sind. Unmittelbar nach der Tenotomie jedoch sieht man diese unregelmässige Verbreiterung noch nicht, dieselbe tritt erst nach einigen Tagen auf, wenn die anfänglich grobe Schlängelung der Fasern mehr und mehr den Typus der feinen angenommen hat. Auf Längsschnitten betrachtet kann die so entstehende Verbreiterung der Fasern das zwei- bis dreifache des Normalen betragen.

Dass auch in den Präparaten von demselben Tier hinsichtlich der Entspannungserscheinungen an den Muskelfasern an verschiedenen Orten des Muskels grössere Verschiedenheiten bestehen, lässt sich zum Teil durch den ziemlich complicirten Bau des Triceps surae erklären, der ein gefiederter Muskel ist. Er ist überall in longitudinaler Richtung von fascialen Blättern durchzogen, an die die Fasern inseriren, dieselben stehen vielfach unter sich und schliesslich

mit der Sehne in Verbindung, letztere unterscheidet sich mikroskopisch in ihrem Bau nicht wesentlich von dem der Fascien. Die Sehne blättert sich also gewissermassen in die Fascien auf. Teilweise aber entspringen die Fascien auch vom Ursprungsort des Muskels, und es ist eine der descriptiven Anatomie geläufige Tatsache, dass vor allem an den Extremitäten reine Skeletursprünge der Muskeln nur in beschränktem Masse vorhanden sind, und in das Periost der Ursprungsstelle am Knochen übergehende fasciale Blätter die Ursprungsfläche der Muskeln vergrössern; mit der Insertion, die an den Extremitätenmuskeln sich vom Skelet-Fascien-Ursprung morphologisch dadurch unterscheidet, dass die Insertionsfascien sich schliesslich zu dem eigentlichen Sehnenstrang zusammenschliessen, ist es genau ebenso. Die Muskelfasern verbinden zunächst die einzelnen Fascienblätter untereinander, und es erhellt, dass dieser Betrachtung gemäss Muskulatur durch Vermittelung der Fascien wirkt, die meisten Muskeln in diesem Sinne also Fascienspanner sind. Speciell für den menschlichen Körper hat Bardeleben[1]) sämtliche Fascien und Muskeln des Körpers in ein System gebracht und gefunden, dass weit über $^2/_3$ aller Skeletmuskeln von Fascien entspringen oder in Fascien endigen, oder aber beides tun.

Die Hauptresultirende aller Zugkräfte des Muskels ist also durch die Sehne gegeben, anders ausgedrückt: die Spannung, unter der die Sehne steht, verteilt sich im Muskel auf die einzelnen Fascien- und Fasersysteme, deren jedes also unter einer bestimmten Spannung steht. Diese ist in den einzelnen Systemen jedoch sehr verschieden, wie folgende Betrachtung lehrt.

[1]) Bardeleben, Jenaische Zeitschrift für Naturwissenschaften, 15. Bd., 1882.



Zwei Kräfte k_1 können einer dritten und entgegengesetzt gerichteten k nur dann das Gleichgewicht halten, wenn die Summe ihrer Projektionen auf die dritte Kraft dieser gleich ist.

k wird im vorliegenden Fall gegeben durch den am Muskel intra vitam beständig wirkenden Zug, der darauf beruht, dass durch die Lage der Insertionspunkte im Muskel eine beständige Inanspruchnahme der Dehnungselasticität von Fascien- und Fasersystemen bedingt ist; dieser Dehnungselasticität, die sich also der dehnenden Kraft k beständig widersetzt und ihr auch beständig das Gleichgewicht hält, entsprechen im obengezeichneten System die Kräfte k_1. Das Verhältnis der den Dehnungswiderstand des Muskels repräsentirenden beiden Kräfte k_1 zu der dehnenden Kraft k wird dem physiologischen Sprachgebrauch gemäss als Spannung des Muskels bezeichnet. Man sieht nun leicht an der geometrischen Darstellung, dass auch die Kräfte k_2, k_3 u. s. w. die Bedingung, der Kraft k

das Gleichgewicht zu halten, nach obigem Satze erfüllen, denn ihre Projektionen auf die Richtung der Hauptresultirenden k bleiben ja immer dieselben. Nun ist aber $k_1 > k_2 > k_3$ u. s. w., also: die der Kraft k das Gleichgewicht haltenden Kräfte müssen um so grösser sein, je grösser der Winkel ist, den sie mit ihren Projektionen auf der Resultirenden k einschliessen. Auf den Muskel übertragen heisst das also: je stumpfer der Winkel ist, unter dem Fasersysteme an longitudinal verlaufenden Fascien inseriren, um so stärker ist ihre Spannung.

Mit dieser Betrachtung stimmt auch die mikroskopisch oft gemachte Beobachtung sehr gut überein, dass die radiär in oder nahezu in der Querebene des Triceps surae von Fascie zu Fascie ziehenden Fasern (der grösste Teil des eigentlichen Gastrocnemius besteht aus solchen) viel stärkere Entspannungserscheinungen zeigen, als die mehr longitudinal verlaufenden Fasersysteme; in mehreren Protokollen (10, 12, 23, 24, 29, 32, 33, 34, 35, 36) sind solche Befunde notirt.

Es hat sich weiter ergeben, dass die anfänglich grobe Schlängelung der Muskelfasern schon bald nach der Tenotomie immer mehr den Typus der feinen annimmt. Es schien nicht ausreichend, die sich wohl nur sehr langsam und kurze Zeit vollziehende secundäre Retraction allein als Ursache dieses Phänomens anzunehmen; da der Muskel an sich die Fähigkeit behielt, sich auf Nervenreiz zu kontrahiren, so durfte vielleicht den nach der Tenotomie stattgehabten Contractionen desselben gleichfalls ein wesentlicher Anteil am Zustandekommen dieser Veränderung angewiesen werden. Um nun zu erfahren, welcher Anteil den nach der Tenotomie noch stattfindenden Contractionen in

dieser Beziehung einzuräumen sei, wurde versucht, dieselben durch Durchschneiden des N.ischiadicus der betreffenden Seite auszuschalten. Es ergab sich bei sämtlich so behandelten Tieren nur das Vorhandensein grober Schlängelung der Fasern, feine fehlte nahezu völlig, ein Resultat, das den gehegten Erwartungen entsprach. Die betreffenden Protokolle (37—40) enthalten die näheren Angaben.

Es geht also aus dieser Erfahrung hervor, dass Contractionen in einem entspannten Muskel nicht mit der völligen Wiederherstellung der ursprünglichen Gestalt seiner Fasern endigen. Zum Teil liegt dies vielleicht an Aenderungen in der Structur seiner Fibrillen, die eine Einbusse an Elasticität bedeuten würden; zum Teil aber ist es sicher darauf zurückzuführen, dass nach der Sehnendurchschneidung Einwirkungen, die den Muskel dehnen und strecken könnten, völlig fehlen. Es ist hier besonders an die Antagonisten zu denken, die, in der Norm in diesem Sinne wirksam, am tenotomirten in einen dehnbaren Bindegewebsstrang übergehenden Muskel nicht mehr angreifen können.

Die Schlängelung der Muskelfasern wurde bei den Tieren, die eine starke Atrophie des Parenchyms zeigten, nicht mehr gesehen; es lag nahe, dieses Verschwinden mit der starken Atrophie des Parenchyms in Zusammenhang zu bringen.

Der Annahme, dass in solchen Fällen vielleicht eine ungenügende Retraction des Muskels zu Grunde gelegen hätte, wodurch dann eine Schlängelung der Fibrillen in den Fasersystemen unterblieben wäre, stand einerseits die messbare Verkürzung des Muskelbauches, andrerseits der Befund entgegen, dass in solchen Fällen immer einige Fasern oder Fasersysteme noch die grobe und feine Schlängelung der

Fibrillen zeigten. In 2 Protokollen (22 und 35) konnten ausserdem zahlreiche Fasern erwähnt werden, die das Verschwinden der Schlängelung an den Fasern illustrirten, hier verliefen die der Faseraxe genäherten Fibrillen gestreckt, die peripheren Fibrillen jedoch waren noch so stark und fein geschlängelt, dass auch quere Lücken und Unterbrechungen der Fasern in diesem Bereich noch vorhanden waren, die aber die Faser natürlich nicht ihrer ganzen Breite nach durchsetzten, sondern sich nur bis zu dem axialen Strang völlig gestreckter Fibrillen erstreckten. Auf dem Längsschnitt erhielten solche Fasern demnach ein Aussehen, wie es in den oben erwähnten Protokollen des näheren geschildert wurde. Wie speciell im Protokoll 35 notirt, fehlen auch die entsprechenden Querschnittsbilder nicht.

Es bleibt in der That nur übrig, die starke Atrophie der Fasern als Ursache anzunehmen, denn auf die Vorstellung, dass eine Zugwirkung die feine Schlängelung der Fibrillen allmählich wieder ausgliche, muss man verzichten, da eine solche ja nur durch Retraction des Interpolationsgewebes hätte zu Stande kommen können. Dies wurde aber nie beobachtet, im Gegenteil, die Retraktion des Muskels nahm in allen Fällen bis zur völligen Entspannung der Systeme noch zu und die neue Sehne blieb dauernd verlängert.

Das Vorhandensein einer auch mikroskopisch sichtbaren starken Atrophie der Fasern mit dem Verschwinden der Schlängelung in Zusammenhang zu bringen, ist nun durchaus nicht schwierig. Querschnittsbilder der Fasern zeigen Atrophie durch Verkleinerung der Querschnitte an, auf Längsschnitten muss die durch Schwund der Muskelsubstanz bedingte Volumsverminderung sowohl als Verschmälerung, wie als Verkürzung gedacht werden. Wenn aber die

geschlängelten Fibrillen sich allmählich verkürzen, wird damit die Schlängelung wieder ausgeglichen.

Auch hier kann man sehen, dass die den Muskel in seiner Zugrichtung durchsetzenden longitudinalen Fasersysteme eher zur Norm zurückkehren, als die in oder nahezu in der Querebene verlaufenden, was den obigen Betrachtungen über die verschiedenen Grade der Entspannung in den einzelnen Fasersystemen entspricht.

Die Bedeutung des Schwindens der Schlängelung ist in zwei Richtungen zu suchen. Einmal vermindert sich so die Compression der Capillaren und wird schliesslich ganz aufgehoben. Die Ernährung des Muskels ist damit wieder möglich, der Atrophie ist ein Ziel gesetzt. Zweitens bewirkt es eine Streckung des Muskels und verleiht ihm die Fähigkeit wieder, mit Hülfe der, wie wir sehen werden, unterdessen gebildeten Sehne äussere Arbeit zu leisten.

Im einzelnen ist über die Atrophie folgendes zu bemerken.

Obwohl in jedem Falle vom intacten wie vom operirten Muskel in gleicher Höhe Querschnitte angelegt, und beide sorgfältig verglichen wurden, liessen sich doch geringe Differenzen nicht leicht und sicher bestimmen. Nur höhere Grade der Atrophie können im Mikroskop mit Sicherheit erkannt werden, denn so lange die Entspannungserscheinungen an den Fasern (Verbreiterung und Schlängelung) noch vorwiegen, und soweit Fasern durch Oedem gequollen sind, ist ein sicheres Urteil über die Zeit, in der die Atrophie der Fasern beginnt, und über ihren Grad unmöglich. Denn infolge der von diesen beiden Faktoren bewirkten Verbreiterung der Fasern sind die Querschnitte derselben vergrössert, wodurch natürlich eine Atrophie der contractilen Substanz vollständig maskirt wird.

Eine weitere Schwierigkeit der mikroskopischen Beurteilung der Atrophie ergiebt sich daraus, dass auch normalerweise die Fasern eines und desselben Muskels an Kaliber sehr verschieden sind; nur wenn man in einem und demselben Bündel auffallende Differenzen findet, ist dies sicher auf Atrophie der Fasern zu beziehen. Sie betrifft wohl auch nicht jede einzelne Faser gleichmässig, sondern kommt an den einzelnen Fasern dem Grade nach verschieden zum Ausdruck.

In den Protokollen 12, 13, 15, 21, 22, 23, 25, 27, 35, 36 finden sich Angaben über das Bestehen einer einfachen zuweilen sehr beträchtlichen Atrophie, die sich also mikroskopisch auf dem Querschnitt nur als Verkleinerung der Bündel und Faserquerschnitte kundgab. Eine Vermehrung des Bindegewebes, eine Auflockerung und zellige Infiltration desselben fehlt dabei durchaus.

Die höchsten Grade der Atrophie wurden freilich dort beobachtet, wo zugleich stärkere interstitielle Veränderungen vorlagen, aber in Anbetracht der eben erwähnten Fälle, wo eine einfache Atrophie das mikroskopische Bild beherrschte, können die interstitiellen Veränderungen ihren Platz erst jetzt, bei den Besprechungen der der Tenotomie nicht wesentlichen Folgen erhalten. Sie sind demnach als eine allerdings ziemlich häufige accidentelle Veränderung aufzufassen.

In 15 Fällen zunächst wurden die interstitiellen Veränderungen (Oedem, Induration und zellige Infiltration des inter- und intrafasciculären Bindegewebes) völlig vermisst, in 13 weiteren Fällen erreichten sie nur geringe Grade, d. h. auf einem Querschnitt durch den ganzen Muskel waren immer

nur einige Bündel von dieser Veränderung betroffen, deren Bindegewebe also aufgelockert und zellig infiltrirt war; die grössten Teile der Quer- und Längsschnitte jedoch waren frei davon (cf. Protokoll 3, 5, 6, 10, 14, 15, 17, 21, 22, 28, 31, 32, 39). Also nur in wenigen Fällen konnte man beobachten, dass die interstitiellen Veränderungen einen breiteren Raum einnahmen. Hier allerdings erreichten sie sehr hohe Grade, die Muskulatur war an einer solchen Stelle zuweilen völlig geschwunden, oft die einzelnen Fasern ganz von dem stark vermehrten und sehr zellreichen Bindegewebe auseinander gedrängt und teilweise extrem verdünnt.

In der Nähe der Sehne pflegten die interstitiellen Complicationen noch am stärksten entwickelt zu sein; von hier aus reichen sie bündelweise in den Muskel hinein, auf Querschnitten, die im mittlern und obern Drittel des Muskels angelegt wurden, waren sie nur auf einzelne Bündelgruppen beschränkt und machten an der nächsten Fascie halt, so dass man oft beobachten konnte, wie eine Fascie einen Bereich des Querschnittes, in dem erhebliche zellige Infiltration und Vermehrung des Bindegewebes mit völligem Schwinden der Bündeleinteilung gesehen werden konnte, auf's schärfste von anderen Querschnittsbezirken trennte, in welchen auch nicht eine Spur dieser Veränderungen bestand, wo das inter- und intrafasciculäre Bindegewebe sich in seiner Beschaffenheit von dem des normalen Muskels gar nicht unterschied, wohl aber an den Fasern selbst die beträchtlichen lediglich auf die Tenotomie zu beziehende Veränderungen (Schlängelung der Fibrillen, Verbreiterung der Fasern, einfache Atrophie derselben) gesehen werden konnten.

Aus dem Gesagten geht zur Genüge hervor, dass die interstitiellen Veränderungen auf Grund der den vorliegenden protokollarischen Notizen zu Grunde

liegenden zahlreichen Versuche nicht als wesentliche Folge der Tenotomie und der Atrophie, sondern nur als eine inconstante und dem Umfang nach sehr schwankende Complication bezeichnet werden können. Bei einer geringeren Zahl von Versuchen könnte man allerdings zufällig häufige und ausgebreitete Veränderungen dieser Art antreffen und sie demgemäss als einzige Folge der Tenotomie und als eigentliche Ursache der Atrophie auffassen, wie dies Krauss getan hat.

Es bietet sich hier noch die Gelegenheit, eine Arbeit Hellers[1]) zu erwähnen. Heller versuchte durch traumatische Insulte eine „Myositis fibrosa" im Sterno-cleido-mastoideus und Triceps brachii des Kaninchens zu erzeugen, die einen oft beobachteten Befund bei Torticollis muscularis darstellt, und wollte so Aufschlüsse über die Aetiologie dieser fibrösen Veränderung der Muskelsubstanz, die ebenfalls mikroskopisch sich als Verbreiterung, Vermehrung und zellige Infiltration des Muskelbindegewebes, verbunden mit völliger Reduction der Muskulatur darstellt, erlangen. Er kam zu dem Schluss, dass einfache Traumen, wie Muskelruptur, Hämatom, Dehnung, einfache oder multiple Incisionen und Quetschungen an und für sich beim Kaninchen nicht zu Muskelveränderungen („Myositis fibrosa mit consecutiver sehniger Entartung") führen, wie sie bei Torticollis muscularis oft gefunden werden. Dieses Resultat steht also im Einklang mit den in dieser Arbeit niedergelegten Erfahrungen, nach denen die Folgen von Traumen keine sehr grosse Tendenz zeigen, sich im Muskel auszubreiten.

---

[1]) Heller, experimenteller Beitrag zur Aetiologie des angeborenen muskulären Schiefhalses, Deutsche Zeitschrift für Chirurgie, 49. Band, 1898.

Ueber Veränderungen des Protoplasmas der Muskelfasern ist folgendes zu erwähnen.

Es wurden zahlreiche Objekte mit Osmiumsäure behandelt, aber das Vorhandensein von Fetttröpfchen im Protoplasma konnte in keinem Falle beobachtet werden.

Dort, wo die interstitiellen Veränderungen sehr stark waren, wurden zuweilen nahezu homogene Fasern gesehen, die tiefer gefärbt, auch bei sorgfältigster Betrachtung mit Immersion ihre Structur nur andeutungsweise erkennen liessen.

Sehr oft konnte man sehen, dass Fasern, die zugleich auch stark verbreitert waren, bei deutlicher Struktur (fibrilläre Zeichnung und Querstreifung) eine auffallend blasse, zuweilen wasserhelle Färbung aufwiesen, ihre Fibrillen zeigten sich oft durch Spalten und Risse von einander abgedrängt. In den Protokollen ist dies als fibrilläre Auflockerung im Innern der Faser beschrieben worden, und das Aussehen solcher Fasern rechtfertigt die Annahme, dass ihr Sarkoplasma durch Flüssigkeitsaufnahme stark diluirt ist. Gerade dort, wo Oedem durch inter- und intrafasciculäre Auflockerung der Bündel sowie durch die von ihm abhängige Induration des Bindegewebes auch anderweitig deutlich war, localisirten sich auch diese Veränderungen, und aus dem häufigen Zusammentreffen beider Befunde ergiebt sich also, dass man solche Fasern als ödematöse ansprechen muss. Oft führte übrigens das Oedem in den Fasern auch zu Vacuolenbildung, doch waren diese Befunde immer nur vereinzelt und vor allem auf Bezirke interstitieller Veränderungen beschränkt. Hier allerdings erreichte diese Vacuolisirung zuweilen enorm hohe Grade, so dass von einer Struktur der Fasern wenig übrig blieb und diese dann einen förmlich wabenartigen Bau aufwiesen.

Alle diese Veränderungen wurden demnach im Zusammenhang mit mehr oder weniger ausgebreiteten Oedem gesehen, dieses selbst jedoch zeigte in seiner Ausbreitung und der Häufigkeit seines Auftretens in den einzelnen Fällen so grosse Differenzen, dass es ebenfalls nicht als eine wesentliche, konstant zu beobachtende Folge der Tenotomie gelten kann.

Am Schluss dieser Besprechung mögen noch einige Beobachtungen über das Verhalten der Muskelfaserkerne mitgeteilt werden. Die Kerne zeigten, und zwar besonders an den deutlich ödematösen Stellen, oft sehr unregelmässige Formen. Teilweise hatten sie statt der langgestreckten eine mehr ovale Form, teilweise waren sie stark vergrössert, bläschenförmig aufgetrieben und dann oft sehr blass gefärbt, Veränderungen, die als Oedem der Kerne zu bezeichnen sind.

Nur dort, wo stärkere interstitielle Veränderungen vorlagen, konnte man oft Hufeisen-, Biscuit- und andere Formen der direkten Teilung sehen, auch sah man, dass hier oft die so entstandenen Kernfragmente in H ä u f c h e n zusammenlagen, eine Anordnung, wie sie die Kerne im normalen Muskel nie besitzen und wie sie nur durch stattgehabte mehrfache Teilungen von Kerne zu erklären ist.

Berücksichtigt man nun, dass dort, wo eine starke Atrophie der Fasern in allen Durchmessern derselben zu sehen ist, die schon vorhandenen Kerne und die Reihen von ihnen, wie sie im normalen Muskel zuweilen vorkommen, näher aneinander gerückt werden, erwägt man ferner, dass von den bläschenförmigen Kernen, allein schon deswegen, weil sie in allen Durchmessern stark vergrössert sind, im Mikrotomschnitt mehr angetroffen werden, so wird man die Schwierigkeit nicht gering achten,

durch Schätzung oder Zählung einen klaren Ueberblick darüber zu gewinnen, ob wirklich eine absolute Kernvermehrung vorliegt, oder nicht, und zwingende Belege für ihr Vorkommen fordern müssen. Allein der Befund, dass nach dem bekannten Typus der direkten Teilung entstandene Kernfragmente in Häufchen beisammen liegen, kann für eine hier stattgehabte absolute Vermehrung der Kerne, für eine atrophische Kernwucherung durch direkte Teilung, verwertet werden, in der That aber wurde dieser Befund gerade dann vermisst, wenn Quer- und Längsschnitte durch atrophische Muskulatur, dem normalen Muskel verglichen, bedeutend kernreicher zu sein schienen.

Auf Grund der an dem bearbeiteten Material gemachten Beobachtungen kann demnach eine Vermehrung der Kerne durch direkte Teilung als konstante Begleiterscheinung stärkerer einfacher Atrophie der Muskelfasern nicht angenommen werden, diese wurde vielmehr nur dort, wo interstitielle Complikationen bestanden, in unzweideutiger Weise beobachtet.

Mitosen sind im ganzen Verlanf dieser Untersuchung weder an Muskel- noch an Bindegewebskernen zu Gesicht gekommen.

Es erübrigt nun noch, einiges über die Bildung und die Beschaffenheit der neuen Sehne zu sagen.

Um die Verhältnisse mikroskopisch untersuchen zu können, wurden 6 Tiere in Zwischenräumen von je 2 Tagen, also bis zu 12 Tagen nach der Tenectomie getötet und in der im Abschnitt Methodik näher erörterten Weise behandelt. Im folgenden sollen nun

zunächst die 6 Protokolle gegeben werden, die das im Mikroskop an diesen Präparaten Beobachtete enthalten, in einer weiteren Besprechung dann diese Befunde mit dem, was unter der Rubrik Sectionsbefund in den früheren Protokollen über die Sehne gelegentlich erwähnt wurde, zusammengefasst und erörtert werden.

Protokoll 1.

Die Resection wurde am 27. VII. 99 in der üblichen Weise ausgeführt, zur Erzielung einer möglichst grossen Entspannung und Diastase der Sehnenenden wurde das sagittale Fascienblatt, soweit dies ohne Verletzung der Gefässe und Nerven angängig, bis zum Sichtbarwerden der Flexorfascie in der ganzen Ausdehnung der Wunde entfernt. Nach 3 Tagen, am 30. VII., wird das Tier getötet. Es wird ein Längsschnitt angefertigt, der Sehnenende und Zwischengewebe in ganzer Ausdehnung trifft, und von diesen Stellen zur mikroskopischen Untersuchung entnommen.

Auf dem Längsschnitt sieht man mikroskopisch, dass die Sehnenstümpfe in ihrem Gefüge ganz aufgelockert sind. Die normaler Weise so fest gefügten Sehnenfibrillen sind pinselförmig aufgefasert, sie verlaufen geschlängelt. Eine Kernvermehrung lässt sich nicht erkennen.

Zwischen den Fibrillen des Interpolationsgewebes befindet sich reichliches Extravasat, Leukocyten und viele Erythrocyten enthaltend. Das Interpolationsgewebe ist äusserst locker gefügt. Die einzelnen Fasern derselben lassen zwar im Groben eine geordnete Richtung ihrer Längsaxen (der normalen Zugrichtung des Muskels entsprechend) hier und da erkennen. Bei starker Vergrösserung tritt dies jedoch nicht so gut hervor. Zuweilen sieht man Inseln von derber gefügtem fascialen Gewebe in diese aufgelockerte Fibrillenmasse eingestreut, dort aber, wo die durch Oedem und Extravasat bedingte Auflockerung am stärksten ist, liegen die Fibrillen mehr locker durcheinander. Die Bindegewebsfibrillen sind in Folge des Oedems alle verbreitert und blass gefärbt. Teilweise entstammen sie dem gleichfalls durch Oedem stark gelockerten subkutanen Bindegewebe, mit dem sie in continuirlichem Zusammenhang stehen, teils den tiefer gelegenen fascialen Teilen.

Protokoll 2.

Das Tier wurde 4 Tage nach der Tenectomie getötet.

Gut sichtbar ist im Präparat der proximale Sehnenstumpf, der weiter proximalwärts noch mehr das feste Gefüge der normalen Sehne zeigend, distalwärts allmählig lockerer wird und unscharf in das locker gefügte Interpolationsgewebe übergeht. Ganz gut sieht man auch auf den Längsschnitten Faserzüge von der tiefer gelegenen Flexorfascie in das Interpolationsgewebe ausstrahlen. In der Mitte der Zwischensehne ist eine umfangreiche Blutung, die nach der Haut sowohl wie nach der Flexorfascie zu von einem schmalen Streifen des Interpolationsgewebes umfasst wird.

Das Interpolationsgewebe selbst ist nicht so locker gefügt wie beim vorigen Tier, das Oedem ist hier nicht so stark. Schon bei schwächster Vergrösserung lässt sich gut erkennen, dass die fibrilläre Substanz desselben im Groben der Zugrichtung des Muskels entsprechend, angeordnet ist. Immerhin bestehen, wie bei starker Vergrösserung hervortritt, in Bezug auf seine Dichtigkeit grosse Unterschiede. Man erkennt Partieen, die eine fasciale Struktur aufweisen, dieselben sind durch weitere Zwischenräume getrennt, die ihrerseits durch ein Bindegewebe von viel lockerem Gefüge der fibrillären Substanz mit runden und spindeligen Zellen ausgefüllt werden. In diesen sind oft Gefässe und Nerven eingeschlossen. Das subcutane Gewebe, in das das Interpolationsgewebe unscharf übergeht, ist ebenfalls stark verbreitert und aufgelockert.

Protokoll 3.

6 Tage nach der Tenectomie getötet.

Das Interpolationsgewebe ist sehr zellreich und aufgelockert. Sowohl von der Haut wie von der Gegend der tiefen Flexorfascie aus strahlen Bindegewebszüge in dasselbe hinein, die durch unregelmässige Verflechtung miteinander das Innere der Zwischensehne zusammensetzen. In der nächsten Umgebung des proximalen Sehnenstumpfes finden sich vorwiegeud spindelige Zellen, und Zellen von demselben Typus sind auch in dem Sehnenstumpf selbst abnorm zahlreich vorhanden. Der Sehnenstumpf selbst ist nur zart aufgelockert, gegen das Interpolationsgewebe hin ist er auch mikroskopisch ziemlich deutlich abgegrenzt, da sein Zellgehalt, obwohl gegenüber dem einer normalen Sehne vermehrt, immerhin bedeutend geringer ist, als der des zunächst angrenzenden und in

Bezug auf seine fibrilläre Substanz auch nicht so regelmässig gefügten Zwischengewebes. Man sieht, wie das Interpolationsgewebe den Sehnenstumpf allseitig einhüllt.

Protokoll 4.

8 Tage nach der Tenectomie getötet.

Der distale Sehnenstumpf, der in mehreren Schnitten getroffen ist, lässt sich sehr scharf von dem umgebenden Interpolationsgewebe trennen. Er ist nach van Gieson hochrot gefärbt, während letzteres nur eine blasse Rosafärbung aufweist. Man erkennt, dass die Bündel der Sehnenfibrillen geschlängelt verlaufen und oft durch Spalten von einander getrennt sind, in diesen findet sich Blut, Rundzellen und spindlich geformte Zellen mit einem oder mehreren Fortsätzen. Letztere sind in grosser Menge auch in der Umgebung des Sehnenstumpfes im Interpolationsgewebe anzutreffen. Der Sehnenstumpf sendet einige pinselartig aufgefaserte Fibrillenbündel in das Interpolationsgewebe hinein.

Dieses seinerseits ist sehr ungleich gefügt. Auf dem Längsschnitt erkennt man Züge von etwas dichter gefügter fibrillärer Substanz, zwischen denen sich wieder ganz lockeres Gewebe findet, in dem die fibrilläre Substanz kein geordnetes Gefüge hat, und sehr reich an Zellen, rundlichen wie spindeligen, ist. Stellenweise ist das Interpolationsgewebe von diffusen Blutungen durchsetzt. Auf Quer- sowohl wie Längsschnitten durch die Zwischensehne sieht man, dass sie nach der Haut hin unscharf in das subcutane Bindegewebe übergeht, während ein Querschnitt durch die normale Sehne zeigt, dass hier die eigentliche Sehnensubstanz von der fascialen Scheide umgeben ist und dadurch von dem subcutanen Gewebe schärfer geschieden ist. Ein Vergleich der Querschnitte vom intacten und operirten Unterschenkel zeigt ausserdem, dass das subcutane Gewebe des letzteren durch Auflockerung und zellige Infiltration stark verbreitert ist.

Protokoll 5.

10 Tage nach der Tenectomie getötet.

Der Längsschnitt ist durch den proximalen Sehnenstumpf geführt. Derselbe ist aufgelockert und strahlt mit verschiedenen Fascikeln in die Zwischensehne aus, doch ist er nicht abnorm zellreich. Die Zwischensehne hat eine ziemlich feste Struktur, setzt sich jedoch aus Teilen verschiedener Dichtigkeit zusammen, die sich nach van Gieson verschieden stark tingirt haben.

Im allgemeinen ist die Färbung jedoch viel blasser, als die der Sehnenstümpfe. In den meisten Partieen überwiegt die fibrilläre Substanz, die parallelfasrig der Zugrichtung des Muskels entsprechend angeordnet ist. Die Zellen sind, wie bei starker Vergrösserung hervortritt, ihrer grossen Mehrzahl nach spindelig geformt und liegen mit ihrer Längsaxe zwischen den Fibrillen, diesen gleich gerichtet.

An einigen Stellen ist ein allmählicher Uebergang des Interpolationsgewebes in das subcutane Gewebe vorhanden, an anderen besteht zwischen beiden eine ziemlich scharfe Grenze. Von erweiterten Capillaren und kleinen Gefässen wird das Interpolationsgewebe in vielen Richtungen durchzogen. Dieselben sind meist mit Blut gefüllt.

Protokoll 6.

12 Tage nach der Operation getötet.

Der Längsschnitt ist durch den proximalen Sehnenstumpf geführt. Derselbe ist zart aufgelockert, die Sehnenfibrillen verlaufen meist geschlängelt. Er ist allseitig vom Interpolationsgewebe umgeben, aber nur teilweise strahlen einige Fibrillenbündel von ihm direkt in das Interpolationsgewebe aus. In festerer Verbindung steht dasselbe mit einer vom Sehnenstumpf nach aufwärts ausgehenden und die Tricepsmuskulatur nach der Tiefe zu deckenden Fascie, deren fibrilläres Gewebe sich direkt in das des Interpolationsgewebes fortsetzt. Das Interpolationsgewebe selbst ist reich an fibrillärer Substanz, die an den meisten Partieen dicht, an andern etwas lockerer gefügt und blasser gefärbt ist als Fascien- und Sehnenstumpfgewebe. Die Stellen, an denen das Interpolationsgewebe lockerer gefügt ist, haben rundliche und spindelige Zellen, die vor allem in der Gegend der Gefässe und Nervenscheiden dichter beisammen liegen. Die überwiegende Masse des Zwischensehnengewebes weist jedoch eine dichte fibrilläre Struktur auf, wo in derselben Zellen sichtbar werden, sind sie ausnahmslos spindelig, ebenso die Kerne. Vor allem nach der Gegend des distalen Sehnenstumpfes zu ist die fibrilläre Substanz dicht, hier ist das Gewebe auch dunkler gefärbt. In dieser Gegend gerade sieht man auch Züge des hier ebenfalls dichter gefügten und in seiner fibrillären Substanz vermehrten subcutanen Bindegewebes in das Interpolationsgewebe ausstrahlen, so dass hier die Haut in inniger Verbindung mit dem Zwischengewebe steht; nach aufwärts zu dagegen ist das lockere subcutane Gewebe nicht erheblich verändert und von der Interpolationssehne scharf abgesetzt.

Rücksichtlich der Bildung der neuen Sehne macht sich nach der Ausführung der Tenectomie eine ziemlich grosse Mannigfaltigkeit der zu beobachtenden Vorgänge bemerklich.

Ein Gewebe, das in allen Beziehungen die Eigenschaften einer normalen Sehne makroskopisch wie mikroskopisch aufweist, entsteht überhaupt nicht, wohl aber kommt es oft zur Bildung eines schön drehrunden Stranges, der in seiner äusseren Form von der einer normalen Sehne nur unwesentlich abweicht. Aber auf dem Längsschnitt durch dieser, Interpolationsgewebe samt den durch dasselbe verbundenen Sehnenstümpfen kann man schon makroskopisch am frischen wie am in Formol gehärteten Präparat Unterschiede deutlich wahrnehmen: die Sehnenstümpfe behalten bei zuletzt den der Sehne eigentümlichen Atlasglanz, sie sind daran noch am 243. Tag zu erkennen, das Interpolationsgewebe hat eine mehr bläulichweisse Färbung und ist trübe; erstere sehen so homogen aus und lassen eine fibröse Struktur makroskopisch so wenig erkennen, wie die normale Sehne, letzteres lässt auch bei dieser groben Untersuchung schon eine fibröse Struktur hervortreten, auch dann, wenn die Masse der in ihr enthaltenen fibrillären Substanz sehr gross, das Gefüge derselben sehr dicht ist; ein Ausdruck der Tatsache, dass geringe Verschiedenheiten in der Dichtigkeit und leichte Unregelmässigkeiten im Gefüge der fibrillären Substanz vorhanden sind, was im Mikroskop auch deutlich hervortritt.

Eine so vollkommene Wiederholung wenigstens der äusseren Form nach ist nun allerdings nicht immer anzutreffen. Zuweilen ist die neugebildete Sehne im ganzen stark verdickt, als Ursache solcher Verdickung sind Störungen der Wundheilung anzuschuldigen. Zuweilen findet man die Sehne nur

stellenweise verdickt, und zwar vor allem in der Gegend der Sehnenstümpfe. In seltenen Fällen endlich ist das neugebildete Interpolationsgewebe dünner, als die normale Sehne.

Es ist sehr zu verwundern, wie bald schon ein Interpolationsgewebe die Stümpfe nach Art einer Sehne verbindet, obwohl doch 1 cm aus der Continuität der Sehne resecirt wurde, die Fascienscheiden der Sehne aber zur Erzielung möglichster Entspannung des Muskels ergiebig eingekerbt und oft zum grossen Teil mit exstirpirt wurde. Es erkärt sich das auf Grund folgender anatomischer Thatsachen.

Wie schon früher gesagt wurde, existirt keine eigentliche Sehnenscheide, die, mit einem tendinealen Blatt an die Sehne, mit einem parietalen in der Umgebung angeheftet, einen allseitig geschlossenen Hohlsack darstellt, wie z. B. die echten Sehnenscheiden in der Hohlhand und an andern Orten, vielmehr setzt sich das tiefe, die Flexormuskulatur deckende Blatt der Unterschenkelfascie in ein den Triceps surae und Plantaris von hinten her deckendes oberflächliches Blatt fort. Im obern und mittleren Drittel der Tibialänge liegen Flexor- und Tricepsmuskulatur einander unmittelbar an, die fascialen Umscheidungen der beiden Muskeln sind hier sehr fein, nach abwärts aber werden sie stärker und gehen in Aponeurosen über. Im untern Drittel verjüngt sich der Triceps rasch in die Achillessehne, der Flexor digitorum jedoch bleibt bis dicht oberhalb des Tuber calcis muskulös, nur von dem derben tiefen Blatt der Unterschenkelfascie gedeckt und zwischen beiden, der Achillessehne und dem Flexor, entsteht daher ein distalwärts sich verbreiternder Raum, der schliesslich der Entfernung von Tuber-calcis-Hinterfläche und Malleolen entspricht und bis zu 1 cm

betragen kann. Dieser nach aufwärts zu, also zwischen Triceps- und Floxormuskulatur sich verlierende dreieckige Raum wird ausgefüllt durch ein derbes Bindegewebsblatt, das von der Flexorfascie in die Tricepsfascie sich fortsetzt und selbst ziemlich dehnbar ist, so dass es eine ausgiebige Bewegung der Achillessehne und Tricepsmuskulatur gestattet. Dort nun, wo der Tendo Achillis ganz frei geworden ist, also auf einer Strecke, die etwa dem untern Drittel der Tibialänge entspricht, liegt die Sehne frei in einem Fache der oberflächlichen Fascie, das nach abwärts zu am Tuber calcis angeheftet ist, nach oben zu sich direkt in die mit der Muskulatur inniger verbundene Tricepsfascie fortsetzt, und erst, wenn man dieses Fascienfach angeschnitten hat, sieht man den Atlasglanz des Tendo Achillis. Dieses Fascienfach steht an der vordern Peripherie mit dem ebenerwähnten sagittalen Fascienblatt in Zusammenhang und kann auch dadurch entstanden gedacht werden, dass im untern Drittel der Tibialänge das sagittale Fascienblatt in 2 Lamellen auseinanderfahrend die Achillessehne umschliesst, mit ihr aber nicht eng, sondern nur durch Vincula tendinum verbunden, in denen die Gefässe und Nerven der Sehne verlaufen. Darüber liegt dann das lockere subcutane Bindegewebe und das Corium.

Diese anatomischen Verhältnisse nun bringen es mit sich, dass der durch die Tenectomie entspannte Muskel schon durch sein Zurückschnellen sich wieder die Grundlage zu einer neuen Sehne schafft, indem der Zug des Muskels auf das umgebende Bindegewebe und die fascialen Teile, vor allem also auf das sagittale Fascienblatt, wirkt. Um daher die Entspannung des Muskels vollkommen zu machen, kann man eine Einkerbung und teilweise Exstirpation der Fascienscheide und des sagittalen Fascienblattes

vornehmen, die bindegewebigen und fascialen Teile jedoch ganz herauszunehmen und der Einwirkung des Muskelzuges zu entziehen, ist, wie aus der Darstellung der anatomischen Verhältnisse hervorgeht, eine technische Unmöglichkeit. Die Kontraktionen des Muskels bewirken weiterhin, dass allmählich der proximale Sehnenstumpf sich weiter zurückzieht, und betrug die Retraction unmittelbar nach der Tenectomie etwa 1 cm, so kann man später nach der Autopsie auf dem Längsschnitt oft sehen, dass die Sehnenmuskelgrenze noch 1—1,5 cm höher gerückt ist. Es hat also die Retraction des Muskels secundär noch zugenommen, das Bindegewebe hat dem Zug des Muskels allmählich nachgegeben und ist dem langsam zurückgezogenen proximalen Sehnenstumpf gefolgt, wobei man sich vorstellen muss, dass zugleich eine richtende und ordnende Wirkung auf die fascialen und bindegewebigen Bestandteile verschiedener Provenienz ausgeübt wird.

Auch bei den Tieren, deren Fascienscheide im weitern Umfange exstirpirt wurde, so dass bei der Operation die Strecke zwischen den Stümpfen ziemlich rein erschien, sieht man schon nach wenigen Tagen bei der Sektion makroskopisch zarte Bindegewebsbrücken zwischen den Sehnenstümpfen hinziehen, die nicht neugebildet, sondern durch den Zug des Muskels aus ihrem normalen Situs herausgezerrte bindegewebige und fasciale Membranen sind, die bereits eine strangartige Beschaffenheit angenommen haben (vgl. die Protokolle No. 4 und 37).

Diese fibrilläre Substanz vermehrt sich rasch durch Bildung neuer Fibrillen und Verdickung alter, unter dem Einfluss des dem Trauma folgenden Oedems. Der Vorgang ist also im wesentlichen eine Induration des den fascialen Teilen oder dem subcutanen Bindegewebe entstammenden fibrillären Gewebes,

analog der am Muskelbindegewebe stattfindenden, und giebt sich mikroskopisch auch als solche zu erkennen: die Fibrillen erscheinen zuerst etwas blasser gefärbt und deutlich verbreitert; ihre Streifung ist stärker und es kommt zu einer Zerlegung in feinen Fäserchen, später nehmen die Fasern an Dichte und Färbbarkeit zu. Durch diese Induration kann in kurzer Zeit bereits eine beträchtliche Vermehrung der fibrillären Substanz zu Stande kommen, ohne dass von einer Vermehrung der Bindegewebszellen und Sehnenkörperchen schon viel wahrzunehmen wäre. Dies findet vielmehr erst später statt und, wie aus den mikroskopischen Befunden der zwecks Sehnenuntersuchung getöteten Tiere hervorgeht, ist die zellige Wucherung etwas ungleichmässiges, ungleich wird schon an demselben Tiere an verschiedenen Stellen des Interpolationsgewebes der Zellgehalt gefunden, ungleich auch an den verschiedenen Tieren. Man sieht jedoch deutlich, dass in den Sehnenstümpfen, ohne dass sie sich aber merkbar vergrössern oder gar sich einander entgegenwachsen, eine beträchtliche Vermehrung der Sehnenzellen stattfindet, ferner dass im Bindegewebe der Umgebung der Stümpfe zahlreiche spindelige Zellen mit granulirtem Protoplasma und länglichem Kern auftreten, dass diese Zellen auch im Interpolationsgewebe vorhanden sind, wo sie in den lockerer gewebten Teilen derselben und vor allem in der Gegend der Gefäss- und Nervenscheiden in reichlicherer Menge liegen, während in den fester fibrillär gewebten Teilen ihre Zahl sehr zurücktritt oder sie ganz fehlen.

Bei der Betrachtung der Präparate von Tieren die längere Zeit nach Ausführung der Operation getötet wurden, kann man schliesslich sehen, dass

die fibrilläre Substanz, ihrem Gefüge nach dem einer normalen Sehne sehr nahe kommend, sehr viel ärmer an Gefässen und Zellen ist; diese haben sich z. T. also zurückgebildet. Immerhin bleiben die Zellen doch grösser und zahlreicher, als die sogenannten Sehnenkörperchen einer normalen Sehne.

Die grobe Masse, den Grundstock der neuen Sehne, liefert also das zwischen die Sehnenstümpfe gleich anfangs rein mechanisch durch den Zug des Muskels hineingezerrte fasciale und lockere Bindegewebe; was sich weiter an ihm abspielt, unterscheidet sich nur durch den höheren Grad von dem für das Muskelbindegewebe Beschriebenen.

Auch das subcutane Bindegewebe beteiligt sich zuweilen an dem Aufbau dieses Grundstockes der neuen Sehne und so kann das Interpolationsgewebe nähere Beziehungen zur Haut gewinnen, von der es sonst, in den Fällen sehr gut ausgebildeter drehrunder Sehne, scharf geschieden zu sein pflegt. In vielen Fällen aber sieht man diese Beziehungen des Interpolationsgewebes schon makroskopisch im Vorhandensein von flächenhaften und strangartigen Adhäsionen der Haut, mikroskopisch sieht man, wie sich in solchen Fällen Fibrillenbündel direkt in das subcutane Bindegewebe fortsetzen, das dann gerade an diesen Stellen eine besonders dichte fibrilläre Structur aufweist. Zuweilen sind diese Verwachsungen weniger ausgeprägt, zuweilen sind sie so zahlreich, dass sich das Interpolationsgewebe geradezu an die Haut ansetzt und es garnicht zur Bildung eines isolirten, rollbaren Stranges kommt, wie dies bei einem Tier (Protokoll No. 24) deutlich war.

Ein besonders prägnantes Beispiel für die Bedeutung der umgebenden Fascien, die schliesslich alle indirect mit einander und den Muskeln in mehr

oder weniger festem Zusammenhang sich befinden, gab die Tenotomie des Triceps brachii eines Tieres, das 83 Tage nach der Operation secirt wurde. Eine eigentliche Sehne ist an diesem Muskel gar nicht vorhanden, nur derbe aponeurotische Fascienblätter strahlen in das Innere des Muskels aus und bilden nach ihrer Vereinigung schliesslich eine kaum 1 mm kurze Sehne, mit der sich dieser Muskel an das Olecranon anheftet. Der Ansatz wurde also abgetrennt, die Retraction bei der Operation selbst betrug höchstens $^1/_2$ cm. Bei der Section, 83 Tage später, findet sich der Muskel in seiner Längsaxe stark verkürzt, etwa auf $^2/_3$ der des intacten, dabei von plumper Gestalt; dem letzten Drittel der Humeruslänge entspricht eine mit der Unterlage verwachsene und ihr reliefartig aufliegende, im übrigen völlig gut ausgebildete drehrunde Sehne von 2,5 cm Länge. Mikroskopisch betrachtet ist sie sehr zellarm und unterscheidet sich nur durch leichte Unregelmässigkeiten und geringe Differenzen in der Dichtigkeit und Dicke der fibrillären Elemente von einer normalen Sehne.

Hier ist also durch den Zug des sich retrahirenden Muskels eine normalerweise gar nicht vorhandene Sehne aus der bindegewebigen und fascialen Umgebung des Muskels herausdifferenzirt worden, ein augenfälliger Beweis von der überwiegenden Bedeutung der praeformirten bindegewebigen Umgebung für die Entstehung der neuen Sehne.

Es ist mir eine angenehme Pflicht, Herrn Privatdocent Dr. Ricker, auf dessen Anregung und unter dessen Leitung die vorliegende Arbeit im pathologischen Institut der Universität in Rostock entstanden ist, am Schlusse derselben meinen Dank auszusprechen.